



Edite Maria Luis

**Avaliação do efeito das práticas de controlo de
infestantes nas características físico-químicas do
solo em Horticultura Biológica**

Orientador: Daniela Valente Simões dos Santos

Co-Orientador: Rosa Isabel Marques Mendes Guilherme

Coimbra, 2019



Edite Maria Luis

**Avaliação do efeito das práticas de controlo de
infestantes nas características físico-químicas do
solo em Horticultura Biológica**

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária
de Coimbra para cumprimento dos requisitos
necessários à obtenção do grau de mestre em
Agricultura Biológica

Orientador: Daniela Valente Simões dos Santos

Co-Orientador: Rosa Isabel Marques Mendes Guilherme

Coimbra, 2019

AGRADECIMENTOS

Às minhas orientadoras Professora Daniela Santos e Mestre Rosa Guilherme, pela disponibilidade constante, o forte apoio para que o trabalho se concretizasse, pela partilha de informação, pela ajuda na revisão desta dissertação e especialmente pelo apoio e acompanhamento nas práticas e colheitas no campo.

À Professora Cristina Galhano, pelo apoio na identificação da macrofauna.

À Eng^a Rosinda Leonor Pato, a responsável técnica pelo Laboratório de Solos e Fertilidade da ESAC.

Ao Eng^o Luís Valério pela colaboração nos trabalhos de campo.

Aos colaboradores da ESAC que participaram nas diferentes de campo.

Aos colegas de estágio Ana Arsénio, João e Marcelo.

À Escola Superior Agrária de Coimbra pela disponibilização de espaço para que este trabalho se concretizasse.

Ao meu marido e meu filho pelo apoio, paciência e carinho que sempre tiveram, para que conseguisse ultrapassar mais esta etapa final.

RESUMO

Dada a importância económica que tem o controlo das plantas infestantes na agricultura, nomeadamente na horticultura biológica, é necessário estudar alternativas eficazes.

No presente trabalho pretendeu-se avaliar e comparar três modalidades de controlo de infestantes; a monda térmica, a monda mecânica e o corte de infestantes com roçadora, nas características físico-químicas e biológicas do solo através da determinação de determinados parâmetros; densidade aparente, taxas de infiltração, textura granulométrica, análises químicas (sumária e bases de troca, micronutrientes e metais pesados) e identificação da macrofauna predominante.

O ensaio decorreu entre abril e setembro de 2018, na parcela agrícola da Escola Superior Agrária, que está certificada em modo de produção biológico e onde foram instaladas as culturas de pimento (*Capsicum annum* L) e couve crespa (*Brassica oleraceae* L). Foram instaladas 4 repetições por cada 3 linhas de cultura, e por cada modalidade, perfazendo 24 repetições.

Os resultados obtidos nas modalidades em estudo revelam que, apesar de carecer da continuidade de observações ao longo dos anos, apontam para que as modalidades avaliadas possam ser alternativas viáveis e eficazes no controlo de infestantes em Agricultura Biológica.

Palavras-chave: densidade aparente do solo, horticultura biológica, infestantes, infiltrómetro de tensão, monda mecânica, monda térmica, porosidade do solo.

ABSTRACT

Given the economic importance of weed control in agriculture, in particular in organic horticulture, it is necessary to study effective alternatives.

In the present work the aim was to evaluate and compare three modalities of weed control: thermal weeding, mechanical weeding and weed cutting with a brushcutter. The trial took place between April and September 2018, on the agricultural plot of the Escola Superior Agrária, which is certified in organic production and where the pepper (*Capsicum annum* L) and kale (*Brassica oleraceae* L) crops were installed. Four repetitions were installed for each 3 crop lines, and for each modality, totaling 24 repetitions. The aim was to evaluate the effects of alternative weed control practices in organic horticulture on overall soil fertility and the physical, chemical and biological characteristics of the soil. The parameters evaluated were the apparent density at the soil surface, the rates of soil surface infiltration, soil particle size texture, chemical analyses (summary, exchange bases, micronutrients and heavy metals) and identification of the predominant macrofauna in the soil.

The results obtained in the study modalities show that, despite the lack of continuity of observations over the years, they point out that the modalities evaluated may be viable and effective alternatives in weed control in organic agriculture.

Keywords: soil bulk density, organic horticulture, weeds, tension infiltrometer, weeding, thermal weeding, soil porosity.

Lista de Figuras

Figura 1- Evolução da área de agricultura biológica no Mundo (1999-2017). Fonte: FiBL – IFOAM, 2019.....	5
Figura 2 - Os dez países com maior consumo per capita. Fonte: www.organic-world.net.....	5
Figura 3 - Evolução da superfície (ha) de agricultura biológica em Portugal (1994-2017). Fonte: DGADR	6
Figura 4 - Ocupação cultural da superfície em agricultura biológica (%) em 2017. Fonte: DGADR.....	7
Figura 5 - Diagrama triangular da textura do solo. Fonte: Gomes e Silva, 1962.....	16
Figura 6 - Possíveis estruturas no interior da matriz do solo, através das quais os fluxos são preferenciais. Fonte:Miyazaki, 1993.....	18
Figura 7- Exemplo de curvas de condutividade hidráulica. Fonte: adaptado de Hillel (1998).	20
Figura 8 - Grupos de organismos do solo. Fonte: Jeffery et al. (2010).....	21
Figura 9 - Classificação da biologia do solo. Fonte: Swift et al. (1979).	22
Figura 10 - Fases de desenvolvimento do ciclo vegetativo da couve de folhas. Fonte: DGADR.....	23
Figura 11- Fases de desenvolvimento do ciclo vegetativo do pimento. Fonte: DGADR	24
Figura 12– Localização da parcela com delimitação da área de estudo.....	26
Figura 13 - Precipitação total e temperatura média do ar (janeiro a junho de 2018) e normais climatológicas (1981 a 2010).	27
Figura 14 – Esquema do ensaio em campo das modalidades em estudo	28
Figura 15 - Identificação da planta de couve e da planta de pimento	29
Figura 16 – Aspeto do campo de ensaio em produção.	30
Figura 17 - Utilização das três modalidades de controlo das infestantes no campo de ensaio: roçadora - motoenxada - térmica.....	30
Figura 18 – Colheita das amostras para determinação da densidade aparente. 3 replicações por local.	31
Figura 19 – Modelo de infiltrómetro de tensão utilizado, com placa porosa de diâmetro 20 cm.	34
Figura 20 - Calibração do infiltrómetro de tensão em laboratório	35
Figura 21- Instalação do infiltrómetro no campo	36
Figura 22 - Placa porosa submersa em água	37
Figura 23- Colocação de armadilhas para captura de macrofauna à superfície do solo. 38	
Figura 24 – Desenho experimental usado para instalação das armadilhas.....	38
Figura 25 – Recolha de copos/armadilhas do campo em estudo.....	39
Figura 26 - Alguns exemplos de amostras de insetos capturados	39
Figura 27 – Matéria orgânica (M.O.), pH, fósforo e potássio extraíveis e pH nas parcelas dos ensaios. Resultados por cada tratamento, com indicação do valor médio. 41	
Figura 28 – Valores médios e desvios-padrão da densidade aparente determinada nas 3 modalidades de controlo de infestantes	43
Figura 29 — Densidade aparente na linha e na entrelinha da modalidade motoenxada na parcela ocupada com pimento (MM-pimento).	44

Figura 30 - Infiltração acumulada e taxas de infiltração nas três modalidades de monda. Valores determinados para as pressões efetivas de entrada de água nos poros de 0, 3, 6 e 15 cm.	45
Figura 31 – Condutividade hidráulica em função da pressão efetiva, em valores de pF.	47
Figura 32 – Quantidade de indivíduos capturados nas três modalidades, em pimento e em couve.....	51
Figura 33 – Distribuição das ordens identificadas na macrofauna do solo, pelas três modalidades de controle de infestantes, de acordo com o diagrama de Venn.	52

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Resultados da análise sumária na amostra de solo da parcela.....	33
Tabela 2 - Fatores de correção obtido durante a calibração do infiltrômetro.....	35
Tabela 3 – Resultados da análise sumária nas amostras de solo dos três tratamentos ...	40
Tabela 4 – Resultados das análises de bases e micronutrientes em amostra composta dos três tratamentos.	41
Tabela 5 – Teor total de metais pesados (mg/kg) da amostra composta dos três tratamentos.	42
Tabela 6 – Taxas de infiltração do solo para diferentes valores de pressão efetiva e condutividade hidráulica saturada.	46
Tabela 7 – Densidade aparente média determinada em cada tratamento e porosidade total calculada.	47

Lista de Anexos

Anexo I – Procedimento de calibração do infiltrómetro de tensão.

Anexo II - Valores da Densidade aparente

Anexo III – Determinação da condutividade hidráulica a partir da aproximação de Wooding.

Lista de Abreviaturas

AB – Agricultura Biológica

Dap – Densidade Aparente do Solo

ESAC – Escola Superior Agrária de Coimbra

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FiBL - Research Institute of Organic Agriculture

IFOAM - **I**nternational **F**ederation of **O**rganic **A**griculture **M**ovements

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I. P.

OCDE – Organisation for Economic Cooperation and Development

ODS – Objetivos de desenvolvimento sustentável

DGADR – Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

ENAB-PA - Estratégia Nacional para a Agricultura Biológica e Plano de Ação

Índice

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
Lista de Figuras	iv
Lista de Tabelas	vi
Lista de Anexos	vii
Lista de Abreviaturas.....	viii
Introdução.....	1
I - Revisão bibliográfica	3
1. Agricultura Biológica	3
1.1. Agricultura Biológica no Mundo	4
1.2. Agricultura Biológica em Portugal.....	6
2. As infestantes.....	8
2.1. Classificação das infestantes	8
2.2. Características das infestantes	9
2.3. Controlo de infestantes	11
2.3.1. Métodos preventivos ou indiretos	12
2.3.2. Métodos de intervenção direta.....	12
2.3.3. A monda mecânica	13
2.3.4. A monda térmica	13
2.3.5. Coberto vegetal com corte de infestantes	14
3. Propriedades do solo.....	14
3.1. Estrutura e textura dos solos.....	16
3.2. Condutividade hidráulica e porosidade do solo.....	17
3.3. A biologia do solo e os auxiliares.....	20
4. As culturas hortícolas do ensaio	22
4.1. Couve crespa (<i>Brassica oleraceae</i> L.).....	22
4.2. Pimento (<i>Capsicum annuum</i> L.).....	24
II - Materiais e métodos.....	26
2.1. Localização e caracterização da parcela	26
2.2. Caracterização edafoclimática.....	26
2.3. Material vegetal	27
2.4. Delineamento experimental do ensaio.....	28
2.4.1. Instalação das culturas e controlo das infestantes	29

2.4.2. Modalidades de controlo de infestantes no ensaio	30
2.5. Determinação dos diferentes parâmetros do solo	31
2.5.1. Colheita de amostras para a densidade aparente	31
2.5.2. Métodos laboratoriais para as análises químicas	31
2.5.3 Taxas de infiltração, condutividade hidráulica e porosidade efetiva.....	33
2.4.6. Caracterização da macrofauna do solo	37
III - Resultados e discussão	40
3.1. Resultados de análises de solo por modalidade.....	40
3.2. Densidade aparente do solo	42
3.3. Taxas de infiltração do solo.....	44
3.4. Condutividade hidráulica e porosidade do solo.....	46
3.3. Caracterização da macrofauna do solo	50
IV- Conclusões	53
Referências bibliografias	56
Anexos	61

Introdução

O controlo das plantas infestantes, ervas daninhas ou flora adventícia, em agricultura é um dos fatores que influencia a produção, uma vez que, partilhando o mesmo espaço das culturas hortícolas, irão competir pelos nutrientes, água e luz. Em Agricultura Biológica (AB) e particularmente a horticultura biológica, as infestantes, são muitas vezes o principal inimigo das culturas, constituindo cada vez mais, uma problemática para os agricultores uma vez que põem em risco o bom desenvolvimento das culturas e daí o seu rendimento. Segundo Correia (2012), as infestantes causam maior prejuízo à agricultura do que as pragas e doenças, sendo um entrave ao desenvolvimento económico em muitas regiões. O mesmo autor refere que os custos de produção associados ao controlo de infestantes situam-se entre 20 a 30%, verificando-se assim o impacto negativo, sobre os aumentos de custos da produtividade das culturas.

Por planta infestante, entende-se a planta que se desenvolve onde não é desejada, e que vai competir com as culturas em produção. De acordo com Moreira & Monteiro (2004) não existem espécies infestantes, mas plantas ou populações de plantas que em certas circunstâncias são infestantes das culturas. Temos, como exemplo, a espécie *Cynodon dactylon* L, que por um lado apresenta-se como uma infestante muito comum e, por outro, é melhorada para pastagens e relvados; outro exemplo ocorre quando se faz em rotações de culturas em que as plantas da cultura anterior podem surgir na cultura atual, comportando-se como infestantes. Desta forma e segundo Lampkin (1990), infestante é qualquer planta que está adaptada ao habitat alterado pelo Homem interferindo negativamente na sua atividade. Para Marques (2012), não existem soluções de controlo de infestantes tecnicamente ideais e passíveis de serem generalizadas, mas sim, práticas culturais que devem ser adaptadas de acordo com a exploração, de forma a serem obtidos fatores de sucesso na gestão das infestantes, contribuindo assim para um bom resultado económico, ambiental e social.

Segundo Finney e Creamer (2008), as infestantes são um dos maiores problemas em Agricultura Biológica e representam um dos entraves para a conversão neste modo de produção. Os herbicidas não são autorizados em agricultura biológica, pelo que são

necessários outros meios de proteção para além das práticas culturais preventivas, como sejam a monda térmica e a monda mecânica. (Ferreira *et al.* 1998).

Rezende et al. (2006) refere que as consociações também podem auxiliar no controlo das infestantes. A consociação de culturas retrata um sistema intermediário entre a monocultura e as condições de vegetação natural, na qual coabitam duas ou mais espécies numa mesma área por um determinado período de tempo. O grande desafio para o sucesso de um sistema de cultivo consociado está na determinação das culturas a serem utilizadas. De acordo com Ceretta (1986), a eficiência de um sistema de consociação de culturas fundamenta-se na complementaridade entre as espécies envolvidas. Esta forma de cultivo permite maior densidade de plantas por unidade de área do que um sistema de monocultura, ocorrendo, então, melhor cobertura do solo, o que reduz a incidência de infestantes e melhora a proteção do solo contra a erosão (Zaffaroni, 1987).

I - Revisão bibliográfica

1. Agricultura Biológica

Segundo o Regulamento (UE) nº 2018/848 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, que revoga o Regulamento (CE) nº 834/2007 do Conselho, de 28 de junho, a produção biológica é definida como um sistema global de gestão das explorações agrícolas e de produção de géneros alimentícios que combina as melhores práticas ambientais, um elevado nível de biodiversidade, a preservação dos recursos naturais, a aplicação de normas exigentes em matéria de bem-estar dos animais e método de produção em sintonia com a preferência de certos consumidores por produtos obtidos utilizando substâncias e processos naturais. O método de produção biológica desempenha, assim, uma dupla função social, visto que, por um lado, abastece um mercado específico que responde à procura de produtos biológicos por parte dos consumidores e, por outro, fornece bens públicos que contribuem para a proteção do ambiente e o bem-estar dos animais, bem como para o desenvolvimento rural.

A agricultura é uma das atividades mais básicas da humanidade, porque todas as pessoas precisam de se alimentar diariamente. A IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements) define os princípios da AB, os quais expressam a contribuição que a AB pode trazer ao mundo e uma visão de melhoria num contexto global.

- Princípio da Saúde, considera que a saúde dos indivíduos e comunidades não pode ser separada da saúde dos ecossistemas, o papel da agricultura é produzir alimentos nutritivos e de alta qualidade em solos saudáveis, que promovem a saúde de animais e pessoas;
- Princípio da Ecologia, onde existe o respeito pelo ambiente, nos sistemas agrícolas incluem a criação de habitats e a manutenção da biodiversidade genética e agrícola, fomentam ciclos fechados de nutrientes e materiais e o uso eficiente da energia, preservando e beneficiando as paisagens e os recursos naturais;
- Princípio da Justiça, a agricultura biológica contribui para a soberania alimentar e eliminação da pobreza, através da produção de alimentos nutritivos e em quantidade suficiente, o respeito pela qualidade de vida de todos os intervenientes, desde os agricultores e mão-de-obra agrícola, até ao consumidor final e o respeito pelos seres vivos e os recursos naturais;

- Princípio da precaução, sendo a precaução, a responsabilidade e a transparência as principais preocupações na escolha e desenvolvimento de métodos e tecnologias aplicáveis na agricultura biológica.

Os princípios aplicam-se à agricultura no sentido mais amplo, incluindo a maneira como as pessoas cuidam dos solos, da água, das plantas e dos animais para produzir, preparar e distribuir alimentos e outros bens. A agricultura biológica deverá utilizar sobretudo recursos renováveis dentro de sistemas agrícolas organizados à escala local. Com vista a minimizar a utilização de recursos não renováveis, os desperdícios e subprodutos de origem vegetal e animal deverão ser reciclados, a fim de restituir os nutrientes à terra. Os elementos essenciais do sistema de gestão da produção vegetal biológica são a gestão da fertilidade dos solos, a escolha das espécies e variedades, a rotação plurianual das culturas, a reciclagem das matérias orgânicas e as técnicas de cultivo. Os fertilizantes, os corretivos do solo e os produtos fitofarmacêuticos só deverão ser utilizados se forem compatíveis com os objetivos e princípios da produção biológica. A produção animal é um elemento fundamental da organização da produção agrícola nas explorações biológicas, na medida em que fornece as matérias orgânicas e os nutrientes necessários às terras cultivadas, contribuindo assim para a melhoria dos solos e o desenvolvimento da agricultura sustentável. Para evitar a poluição ambiental, nomeadamente a poluição dos recursos naturais como os solos e a água, a produção biológica de animais deverá, em princípio, assegurar uma relação estreita entre essa produção e as terras agrícolas, sistemas adequados de rotação plurianual e a alimentação dos animais com produtos vegetais resultantes da agricultura biológica e obtidos na própria exploração ou em explorações biológicas vizinhas (WWW.IFOAM.BIO).

1.1. Agricultura Biológica no Mundo

Segundo a FiBL – Research Institute of Organic Agriculture (2019), a área ocupada com agricultura biológica a nível global é Oceânia (35,9 milhões de hectares), Europa (14,6 milhões de hectares) e América Latina (8,0 milhões de hectares). Os países com mais área em agricultura biológica são Austrália (35,7 milhões de hectares), Argentina (3,4 milhões de hectares) e China (3,0 milhões de hectares). A 20ª edição do estudo "O Mundo da Agricultura Orgânica", publicado pela FiBL e IFOAM em 2019, mostra uma

tendência positiva. Desde 1999, a área de agricultura biológica aumentou cerca de 58 milhões de hectares (Figura 1).

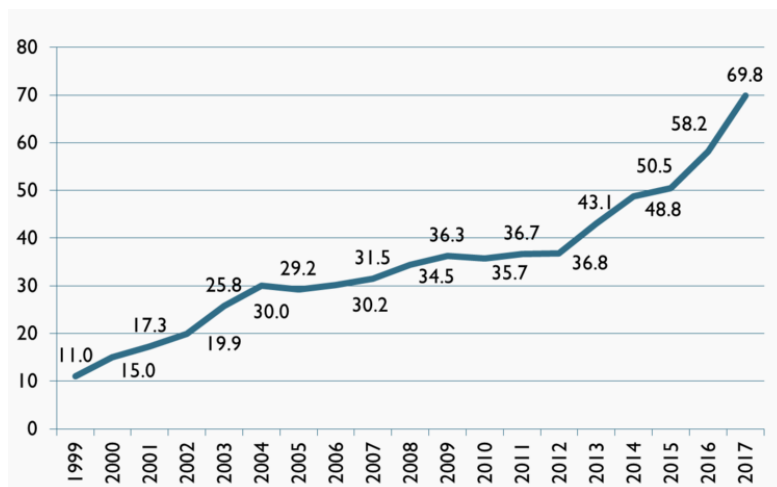


Figura 1- Evolução da área de agricultura biológica no Mundo (1999-2017). (Fonte: FiBL – IFOAM, 2019)

Segundo a FiBL (2019), foi estimado que o mercado global de alimentos biológicos atingiu 92 bilhões de dólares em 2017. Os Estados Unidos são o mercado líder, com 40 bilhões de euros, seguidos pela Alemanha (10 bilhões de euros), França (7,9 bilhões de euros) e China (7,6 bilhões de euros).

Em 2017, a maior parte dos principais mercados apresentou taxas de crescimento de dois dígitos. A Suíça tem consumo *per capita* de 288 euros e a Dinamarca tem a maior participação no mercado biológico, com 13,3% do mercado total de alimentos (Figura 2).

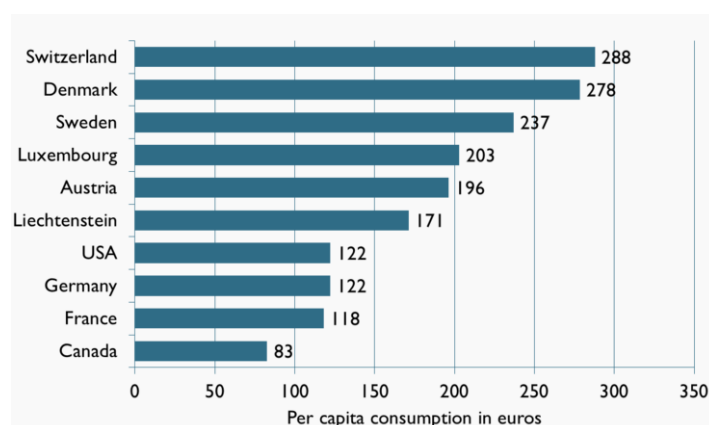


Figura 2 - Os dez países com maior consumo per capita (Fonte: www.organic-world.net/)

A nível de Europa, os países com as maiores áreas de agricultura biológica são Espanha (2,1 milhões de hectares), Itália (1,9 milhão de hectares) e França (1,7 milhão de hectares). Em cada um desses três países existe um aumento significativo na área de agricultura biológica (IFOAM EU, 2018).

1.2. Agricultura Biológica em Portugal

De acordo com os dados fornecidos pela DGADR em janeiro 2019 (Figura 3), os primeiros registos oficiais de superfície notificada em agricultura biológica verificaram-se em 1994, ano em que a superfície total atingiu os 7.183 hectares. Durante o período de 2000 a 2006, época em que vigorou o Programa Ruris, nomeadamente o apoio no âmbito das Medidas Agro-Ambientais – Agricultura Biológica, a área notificada passou de cerca de 50.000 para 214.232 hectares. Como se verifica na figura 3, em 2017 a superfície em agricultura biológica atingiu o valor de 252.812 hectares, o que corresponde a um acréscimo de 19% face a 2014 e uma resposta positiva a um novo regime de apoios, através do PDR 2020 - Agricultura Biológica a este modo de produção a vigorar de 2014 a 2020.

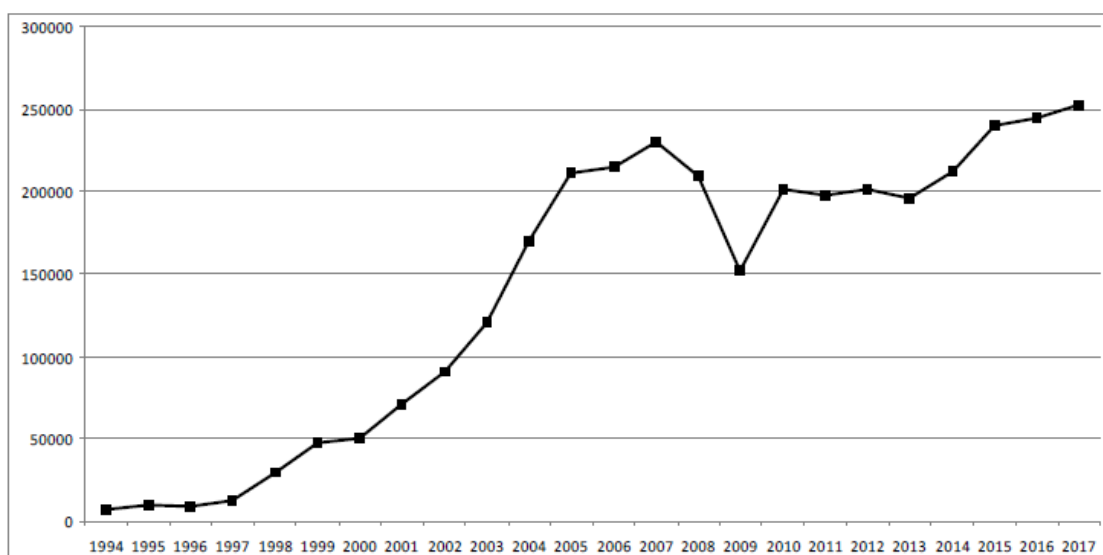


Figura 3 - Evolução da superfície (ha) de agricultura biológica em Portugal (1994-2017). (Fonte: DGADR)

No ano de 2017 em que a superfície total em agricultura biológica no Continente atingiu 252.812 hectares, a ocupação cultural foi dominada pelas pastagens, que representam cerca de 58% da superfície em agricultura biológica, seguindo-se como

culturas com maior representatividade, as culturas forrageiras, com 14% da superfície, os frutos secos com cerca de 9,7% e o olival com cerca de 8,6% (Figura 4).

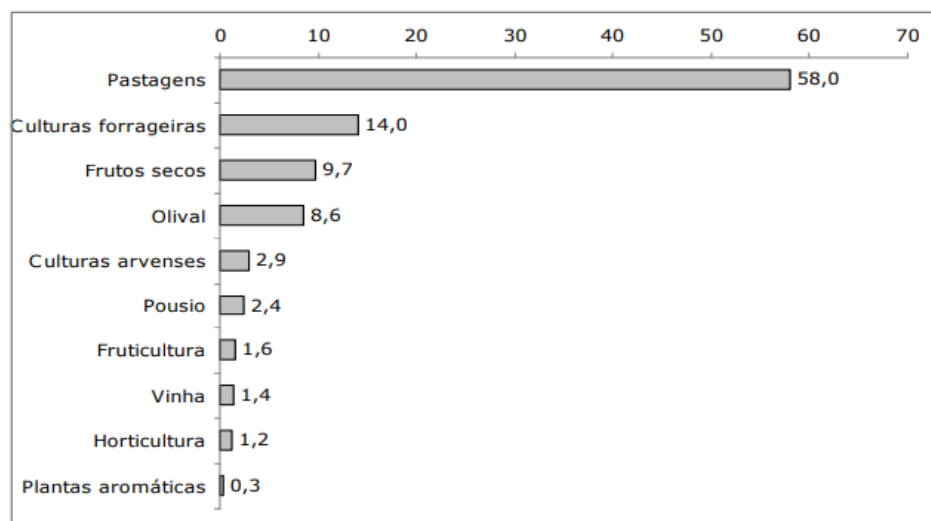


Figura 4 - Ocupação cultural da superfície em agricultura biológica (%) em 2017. (Fonte: DGADR)

A Estratégia Nacional para a Agricultura Biológica e Plano de Ação (ENAB-PA) consiste num conjunto coerente de ações e medidas diversificadas cujo objetivo global é apoiar o desenvolvimento sustentado da agricultura e produção biológica em Portugal. Visa o reforço da dimensão económica e da competitividade da atividade em toda a cadeia de produção, bem como o aumento da oferta e do consumo de produtos biológicos no mercado a nível nacional e o fomento da exportação. O plano de ação assenta em três linhas de orientação: 1-produção, 2-promoção e mercados, 3-Inovação, conhecimento e difusão de informação.

A execução da ENAB está definida num horizonte de 10 anos (2017-2027) e composta por 5 objetivos estratégicos, 18 objetivos operacionais e 58 medidas/ações. A aprovação da ENAB-PA ocorreu em 27 de julho de 2017 na resolução do conselho de ministros nº 110/2017.

2. As infestantes

De acordo com Torres (2007) citando Amaro (2003), Gomes & Cavaco (2003), o conceito *infestante*, ainda que se revista de sentido depreciativo, continua a prevalecer. A definição mais generalizada continua a ser a de planta que cresce onde não é desejada, ou de planta que interfere com os interesses ou bem-estar do homem. Segundo Zimdahl (1993), o conceito de planta infestante não necessita de ser mudado, a forma como vemos e gerimos as infestantes nos ecossistemas agrários é que deverá ser equacionada.

Amaro (2003), mediante a diversidade de inimigos das culturas, agrupa-os em pragas, doenças e infestantes. As pragas abrangem organismos animais como ácaros, insetos, moluscos e vertebrados (ex.: roedores, aves). As doenças podem ser causadas por bactérias, fungos e vírus. As infestantes são as plantas que se desenvolvem onde não é desejável segundo o interesse do Homem, bem caracterizado pela expressão *plant out of place* e englobando desde as algas às árvores.

2.1. Classificação das infestantes

As infestantes podem organizar-se em dois grandes grupos de acordo com o seu ciclo biológico: as anuais e as vivazes. As anuais produzem sementes e morrem em apenas um ano, tendo como principal *habitat* os solos excessivamente mobilizados. As vivazes preferem ecossistemas estáveis e pouco perturbados, sendo mais frequentes em solos não mobilizados, usando como estratégia de desenvolvimento a preservação da planta mãe, produzindo pouca quantidade de sementes (Ferreira, 2012).

Segundo Torres (2007), a classificação das infestantes em função da duração do seu ciclo biológico é importante para delinear as estratégias de combate. São plantas anuais quando completam o seu ciclo, desde a emergência até à maturação de sementes. Podem ser anuais de verão, se germinam durante o período Primavera/Verão e terminam o ciclo no Outono ou anuais de Inverno, se germinam no Outono e produzem semente no período Primavera/Verão. As espécies de ciclo anual reproduzem-se exclusivamente por semente. São plantas bianuais quando vivem mais de um ano e normalmente menos de dois.

Quanto á morfologia das folhas, as infestantes podem ser classificadas como dicotiledóneas, as plantas de folha larga, e monocotiledóneas, as plantas de folhas

estreitas. As infestantes de folha larga caracterizam-se por apresentarem o limbo largo e nervação dos tipos palminérvea e peninérvea (Oliveira, 2011). A este grupo pertencem a maioria das famílias pertencentes às dicotiledóneas, como por exemplo a *Asteraceae*, *Amaranthaceae* e *Polygonaceae* (Portugal, 2011). As infestantes de folha estreita caracterizam-se por apresentarem nervação uninérvea, paralelinérvea e, raramente, curvinérvea (Oliveira, 2011). Pertencem a este grupo as famílias das gramíneas (*Poaceae*), como por exemplo balancos, festucas e azevéns e das *Cyperaceae*, como por exemplo as junças.

2.2. Características das infestantes

As plantas infestantes possuem determinadas características que lhes permitem sobreviver em condições adversas e, dessa forma, assegurar a manutenção das suas espécies. É importante ter em atenção estas características aquando da tomada de decisão das práticas culturais a realizar e da opção pela cultura a instalar (Ligenfelter, 2016). Estas características são descritas por vários autores (Ligenfelter, 2016; Oliveira, 2011; Finney e Creamer, 2008) e são as seguintes:

- Rápido crescimento e amadurecimento;
- Podem reproduzir-se na fase jovem;
- Toleram uma vasta gama de condições edafoclimáticas;
- Apresentam várias estratégias de reprodução e de regeneração;
- Produzem um elevado número de sementes;
- Tendem a associar-se a culturas com ciclos semelhantes;
- Capacidade de ocupar locais perturbados pela atividade humana.

A dispersão de plantas infestantes no meio ambiente é feita, na maioria dos casos, através da água, do vento, pela adesão das mesmas ao pêlo e penas dos animais, do processo digestivo de alguns deles e da sua consequente progressão através das cadeias alimentares. As atividades que o agricultor pratica como a mecanização agrícola, transporte de sementes, aplicações de chorume e estrume, entre outros, contribuem de igual modo para a sua dispersão, tornando mais complicado o controlo de infestantes. Apesar de serem vistas como indesejáveis ou inimigas, estas plantas podem ser encaradas como aliadas, tendo em consideração as consequências benéficas para o agrossistema tais

como (Serrano, 2003; Finney e Creamer, 2008; Ligenfelter, 2016; Oliveira, 2011; Portugal, 2011):

- redução da erosão dos solos, sobretudo nos solos mais declivosos e mal estruturados, melhoramento da sua estrutura e estímulo da atividade biológica;
- melhoria da transitabilidade das máquinas agrícolas, nomeadamente as utilizadas para efetuar tratamentos fitossanitários;
- aumento da fertilidade dos solos, sobretudo quando a flora é constituída por leguminosas e são incorporadas no solo;
- servem de atrativo aos organismos auxiliares;
- são hospedeiras alternativas e preferenciais de pragas, evitando o ataque na cultura;
- melhoram a qualidade da produção, em períodos e em circunstâncias específicas. Promovem, por vezes, um microclima mais favorável às culturas;
- promovem a biodiversidade da exploração;
- podem produzir substâncias químicas com efeitos positivos nas culturas instaladas.

Apesar dos inúmeros aspetos positivos, os mesmos autores referem os seguintes inconvenientes:

- diminuição da produção, uma vez que podem concorrer pela água, luz e nutrientes;
- redução da eficiência agrícola, aumentando os custos de produção;
- diminuição da qualidade da produção, nomeadamente fazendo alterar parâmetros físico-químicos;
- aumento da incidência de doenças, sobretudo quando as densidades são muito altas, uma vez que fazem aumentar o teor de humidade junto da cultura;
- interferência nas operações culturais, aumentando o tempo necessário para a sua execução;
- por vezes são hospedeiros de pragas;
- podem causar intoxicações quando incluídas nas rações dos animais;
- podem afetar a saúde humana causando intoxicações alimentares, alergias e irritações da pele.

2.3. Controlo de infestantes

Em horticultura biológica a gestão das infestantes é essencial para o aumento da produtividade e melhoria da qualidade da produção, devendo para isso adotar-se medidas de prevenção e de combate adaptadas às condições locais (Finney e Creamer, 2008).

O período de maior sensibilidade das culturas hortícolas à competição causada pelas plantas infestantes é no início do ciclo cultural, durante o estabelecimento das culturas, período que é superior nas culturas obtidas por sementeira em comparação com as culturas plantadas (Mourão, 2007).

Os custos no controlo e os efeitos sobre o rendimento são muito variáveis, dependendo do agricultor, das espécies de plantas infestantes e das estratégias adotadas para garantir a eficácia no controlo (Barros e Freixial, 2011).

O facto de os agricultores negligenciarem o controlo das infestantes após a colheita da sua cultura, permite o restabelecimento do banco de sementes das infestantes no solo (Christoffoleti *et al.* 2007). A eliminação das plantas infestantes deve ser realizada enquanto estas são jovens, preferencialmente com 1-2 cm de altura, devido à sua maior suscetibilidade e também para evitar que contribuam para o aumento da humidade junto das culturas (Mourão, 2007).

Atualmente ainda não existem herbicidas químicos homologados para o MPB na Europa. No entanto, nos Estados Unidos, já são comercializados herbicidas de contacto para AB que têm como substâncias ativas base o ácido cítrico e o ácido acético (Finney e Creamer, 2008).

Os efeitos indesejáveis provocados pelas infestantes, nomeadamente a competição por nutrientes e água, exige o seu combate com medidas que deverão ter em conta os efeitos na proteção contra a erosão, no sequestro de CO₂ atmosférico, no aumento da matéria orgânica do solo, no consumo de energia, na implicação com a técnica cultural, nomeadamente a colheita e na fauna auxiliar (Torres, 2007).

Os métodos utilizados no controlo das infestantes podem ser enquadrados nas categorias de preventivos ou indiretos e de intervenção direta. O sucesso no controlo das infestantes surge com a utilização de vários métodos, numa abordagem integrada de

gestão de infestantes que combina o uso de métodos complementares (<http://www.fao.org/agriculture>).

2.3.1. Métodos preventivos ou indiretos

Os métodos preventivos de gestão das infestantes são eficientes em explorações de qualquer dimensão e podem ser implementados em todas as fases da produção, desde a aquisição de maquinaria, proveniência das sementes, água de rega, fertilizantes e compostos, aos métodos de colheita e processamento (Christoffoleti *et al*, 2007).

Segundo Torres (2007) os métodos a utilizar devem visar os objetivos principais, mas também um conjunto de efeitos indiretos ou colaterais que cada estratégia de gestão da vegetação acarreta. Genericamente devem de ser tidos em conta, a conservação do solo, a proteção contra a erosão, a gestão do teor de matéria orgânica do solo, com efeito direto na fertilidade do solo e no sequestro do carbono atmosférico, a biodiversidade, o microclima de cada cultura instalada e a relação das infestantes com hospedeiros de pragas, doenças e auxiliares.

Torres (2007), citando Alves & Suzuki (2001); Fleskens & De Graaff (2001); Pastor *et al.*(2001), refere que as coberturas vegetais trazem mais benefícios, comparativamente com as perdas de solo, nomeadamente no verão, em que o *mulching* constituído pela vegetação morta reduz a temperatura do solo e a evaporação e dificulta a emergência de infestantes e durante o outono até ao fim do período húmido, o desenvolvimento das infestantes confere proteção ao solo contra a erosão hídrica.

2.3.2. Métodos de intervenção direta

Os métodos de intervenção direta só deverão ser adotados quando as medidas preventivas não são suficientes para um controlo eficaz das infestantes (Marques,2012). São exemplo destes métodos, a monda manual, a monda térmica, a monda mecânica e a monda biológica. Para a escolha dos equipamentos e alfaia a utilizar é importante ter em conta a dimensão da exploração, o tipo de solo, a inclinação da exploração, o comprimento das parcelas, a existência de problemas de encharcamento, sistemas de rega utilizados e custo da operação (Ferreira, 2012).

2.3.3. A monda mecânica

A monda mecânica consiste numa mobilização do solo através das operações de lavoura (charrua), gradagem (grade de discos ou de dentes), escarificação (escarificador, vibrocultor), fresagem ou mobilização com cavadora simples montada num motocultivador. Ferreira (2012) refere que devem ser tidos em consideração alguns aspetos quando se escolhe o tipo de equipamentos ou alfaías para utilizar, tais como; a dimensão da exploração, o tipo de solo, o sistema de rega e existência de problemas de encharcamento.

Serrano (2003) indica que para aumentar a eficácia da sacha em culturas instaladas, esta deve ser realizada em condições de pouca humidade, solo seco à superfície e com a profundidade idealmente regulada, para não perturbar as raízes da cultura principal. A monda mecânica raramente é suficiente para controlar as infestantes no longo prazo, devendo ser incorporada numa estratégia de gestão que integre métodos preventivos. É um dos métodos mais utilizado em todo o tipo de culturas.

2.3.4. A monda térmica

A monda térmica consiste na destruição das plantas infestantes através do calor de queimadores a gás propano. A chama atua durante pouco tempo, cerca de 0,1 segundo, o que provoca a rotura das membranas celulares das células das plantas, que vão murchar e morrerem ao fim de 2-3 dias. Esta prática não afeta a vida do solo, uma vez que o aumento de temperatura atingida é de 1 a 2 °C. (Ferreira *et al*, 1998).

Daniell *et al.* (1969) e Smith *et al.* (2000) referem que os queimadores a gás propano na fase líquida (botijas invertidas) ou gasosa, montadas no trator, em carrinhos de mão ou transportadas pelo operador são os principais equipamentos utilizados neste método. Os mesmos autores sugerem que as condições para uma monda térmica eficaz são a distância entre linhas no mínimo de 20 cm, o solo com poucos torrões e pedras para evitar a absorção da energia térmica, a aplicação ser realizada na ausência de vento e quando a superfície das plantas estiver seca, o ângulo do queimador com a superfície entre 30 a 40° e uma velocidade de avanço entre 3 a 4 km/h. A monda térmica pode ser usada em pré-emergência de culturas como a cenoura (*Daucus carota L.*), após uma falsa sementeira ou sobre as linhas de culturas como a cebola, alho (*Allium sativum L.*) e milho

(*Zea mays L.*), que suportam bem o choque térmico (Ascard, 1989; Mourão, 2007). Segundo Mourão (2007), a monda térmica é um processo mais dispendioso que o controle por meios mecânicos e, se aplicado mecanicamente, apresenta um maior custo ambiental pelo maior consumo de energias não renováveis. A influência da monda térmica nos microrganismos e fauna do solo não é negativa uma vez que este se comporta como isolante e absorve a maioria do calor (Whelan, 1995). Rahkonen *et al.* (1999) mediram aumentos de temperatura de apenas 1,2 °C a um centímetro de profundidade.

2.3.5. Coberto vegetal com corte de infestantes

O corte de plantas infestantes é um método que limita a produção de sementes, parecendo adequado para proteção contra espécies anuais. Contudo, apresenta-se pouco eficaz no caso de espécies perenes, geralmente mais competitivas, podendo estas vir a ganhar importância pela ausência da competição exercida pelas espécies anuais (Torres, 2007).

3. Propriedades do solo

De acordo com Primavesi (1984) o solo é dos recursos mais preciosos e a sua utilização pode melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas. No entanto pode também sofrer erosão, com perda de matéria orgânica e nutrientes.

A profundidade e permeabilidade do solo são características essenciais que poderão favorecer ou limitar bastante o crescimento das plantas. As análises de terra, quer sejam físicas, químicas ou biológicas, permitem conhecer melhor o solo, a sua capacidade produtiva, de modo a adequar as culturas ao solo e realizar uma fertilização adequada. A observação direta do solo, permite obter dados sobre a estrutura, facilidade de mobilização, drenagem e erosão, quer superficialmente, quer através da abertura de perfis e do seu estudo (Ferreira, 2012).

A fertilidade de um solo depende das propriedades físicas (estrutura ou agregação que proporciona arejamento e humidade), das propriedades químicas (fixação dos elementos nutritivos e a capacidade de troca) e das propriedades biológicas (Soltner (1989), citado por Ferreira *et al.* (1998)).

O solo é a base da produção e é considerado como um ecossistema vivo, com muitos organismos em interação com as plantas e com as componentes física (argila, limo, areia) e química (nutrientes dissolvidos na água do solo). Em agricultura biológica cuida-se do solo que por sua vez alimentará a cultura. É um recurso natural não renovável à escala humana e a sua erosão é um grave problema ambiental. A atividade agrícola tem conduzido em muitas situações a uma aceleração dos processos erosivos, levando à perda dos constituintes do solo e reduzindo a sua fertilidade (Cunha *et al.*, 2005).

É colonizado por bilhões de organismos vivos por cada metro quadrado, os quais são indispensáveis às várias funções dos solos tais como fixação do azoto atmosférico e ciclagem dos nutrientes, sequestro de carbono, transformação da matéria orgânica no solo estabilizando-a e/ou mineralizando-a, degradação de macromoléculas e tantas outras funções. Lavelle *et al* (1997) referem que a fauna do solo tem um importante papel na regulação dos sistemas agrícolas, na atuação dos processos de decomposição, mineralização e humificação de resíduos orgânicos, mobilidade de micro e macronutrientes, na fixação do azoto atmosférico, na estrutura e agregação do solo e na consequente conservação e regulação de pragas e doenças.

Os microrganismos no solo são responsáveis pelos processos de mineralização, representando eles próprios uma quantidade considerável de nutrientes potencialmente disponíveis para as plantas (Andreola e Fernandes, 2007). Os mesmos autores, citando Holtz e Sá (1995) referem que os nutrientes armazenados na biomassa microbiana podem atingir valores equivalentes a 100 kg de azoto, 80 kg de fósforo, 70 kg de potássio e 11 kg de cálcio por ha. Como a biomassa dos microrganismos é reciclada cerca de 10 vezes mais rapidamente que a fração orgânica morta do solo, a quantidade de nutrientes presentes nas células dos microrganismos é muito significativa perante o ciclo dos nutrientes no ecossistema. O fluxo de N e P, via biomassa microbiana, pode alcançar valores equivalentes a 40 e 10-20 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respetivamente.

Em condições ideais, a microbiologia do solo permite que os nutrientes sejam, gradualmente, libertados para a nutrição das plantas, sem perdas por lixiviação e a sua diminuição no solo prejudica a fixação temporária dos nutrientes, aumentando as perdas levando ao empobrecimento do solo (Hungria *et al.*, 1997).

3.1. Estrutura e textura dos solos

As proporções relativas de argila, limo e areia determinam a textura de um solo e condicionam diversas características: permeabilidade e drenagem, arejamento, retenção de água, deslocação da água de rega, compactação e temperatura (Ferreira *et al.*, 1998). A estrutura é a forma como os constituintes sólidos definidos na textura, estão ligados, resultando nos agregados do solo. Ao contrário da textura, em que pouco podemos alterar, a estrutura ou agregação do solo pode ser alterada pelo agricultor com as medidas e práticas culturais (Ferreira *et al.*, 1998).

Para os solos de Portugal, as classes de textura de um solo são representadas no diagrama textural, de acordo com a Figura 5.

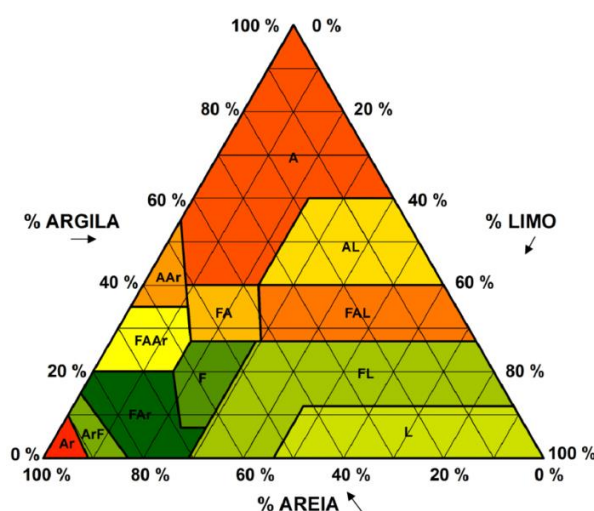


Figura 5 - Diagrama triangular da textura do solo. (Fonte: Gomes e Silva, 1962).

A classe textural de um determinado solo é obtida através da intersecção, no triângulo, das respetivas proporções de areia, limo e argila, no sentido das setas apresentadas (Ramos *et al.*, 2016).

A estrutura do solo que é materializada na forma, tamanho e estabilidade dos agregados, vai-lhe conferir resistência aos processos erosivos, arejamento e capacidade para o armazenamento da água, bem como abrigo para os micro e macro organismos do solo. A **porosidade do solo** é uma consequência da agregação, devendo ser elevada para assegurar eficiência nas trocas gasosas e hídricas com a atmosfera. Pode ser caracterizada pela dimensão e formato dos poros, sendo a **densidade aparente do solo** um parâmetro de fácil determinação que permite estimar a proporção do volume de solo ocupado pela porosidade, fornecendo informação sobre o estado de compactação do solo.

As propriedades hidrodinâmicas do solo estão diretamente relacionadas com a porosidade, variando de acordo com a representatividade das diferentes classes de tamanho dos poros, formato, continuidade ou descontinuidade dos mesmos no interior do solo. Os parâmetros que permitem avaliar a mobilidade da água no solo e a capacidade do solo para o armazenamento da água, são as **curvas de condutividade hidráulica** e de **pressão efetiva** características para cada solo. As **taxas de infiltração** e mobilidade da água no solo dependem diretamente destas duas características do solo, refletindo ao mesmo tempo, o estado de agregação do solo.

3.2. Condutividade hidráulica e porosidade do solo

A condutividade hidráulica do solo é uma propriedade que expressa a facilidade com que a água nele se movimenta, sendo de extrema importância no uso agrícola e conseqüentemente, na produção de culturas e na preservação do solo e do ambiente (Gonçalves e Libardi, 2013).

A primeira equação utilizada para quantificar o movimento da água no solo foi introduzida por Henry Darcy, em 1856, o qual trabalhou com colunas de areia saturada com água.

O solo pode ser considerado como um sistema físico constituído por uma mistura de três fases: a) *fase sólida*, contém as partículas minerais que formam a matriz do solo e considerada como inerte, onde não ocorrem trocas de massa com as outras fases, tem geometria constante definindo um espaço poroso onde existem as outras duas fases; b) *fase líquida*, constituída pela água e sais dissolvidos, sendo a solução do solo onde ocorrem trocas de massa com a fase gasosa e reage com a fase sólida apenas na sua interface, através de processos de superfície e c) *fase gasosa*, constituída pelo ar e vapor de água, reagindo com a fase líquida na sua interface através de trocas de massa (Santos, 1994).

Se considerarmos um elemento de solo, constituído por uma matriz mais homogênea e pelos poros, como um todo, podemos descrever o escoamento de água no solo simplesmente como *saturado* ou *não-saturado*. Diz-se que é *saturado* quando todos os espaços estão preenchidos por água e, neste caso o solo é constituído apenas por duas fases: a líquida e a sólida, sendo o regime do escoamento uniforme ou permanente. O

escoamento é *não-saturado* quando passa a existir também a fase gasosa e neste caso, o solo é constituído pelas três fases (Santos, 1994).

Os poros poderão ser de grandes dimensões (macro e mesoporos), fendas, canalículos construídos por raízes, vermes ou insetos (Figura 6). O movimento da água através da matriz do solo ou através de tais estruturas processa-se de modo diferente, dizendo-se que os fluxos através de tais estruturas são *fluxos preferenciais*.

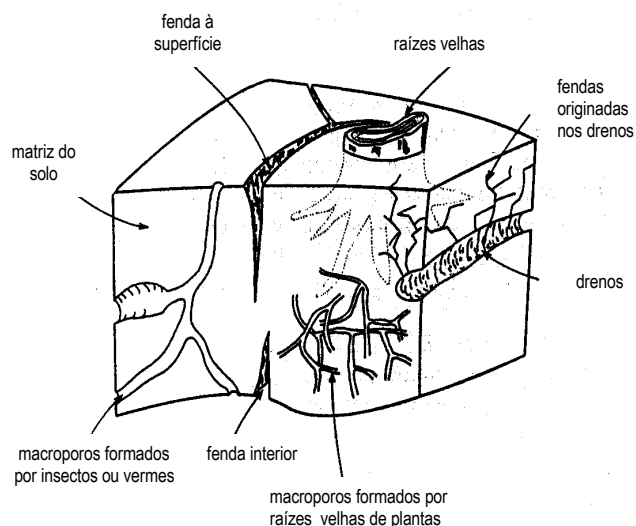


Figura 6 - Possíveis estruturas no interior da matriz do solo, através das quais os fluxos são preferenciais. (Fonte: Miyazaki, 1993).

A determinação da velocidade da água no solo, representada através das taxas de infiltração ou fluxos de água, poderá ser feita aproximando-se um dado volume de solo simplesmente a uma matriz homogénea (*aproximação a um domínio*) ou considerando-se separadamente a parte homogénea do solo da parte diferenciada (*aproximação a dois domínios*). Na primeira aproximação as velocidades da água no solo ou fluxos de água no solo são estimados a partir da equação de Darcy. Na segunda aproximação a velocidade da água no solo poderá afastar-se da predita pela Lei de Darcy, tanto mais quanto maior for o volume ocupado por estruturas diferenciadas.

Isto porque a equação de Darcy foi desenvolvida para regimes de escoamento permanentes e o escoamento nos poros raramente se processa de forma uniforme, poderá ser no máximo *quasi*-permanente. Os fluxos de água e solutos poderão atingir velocidades consideravelmente superiores aos observados na matriz homogénea do solo (Cameira, 1999), daí a designação de fluxos preferenciais.

Devido à diferença da natureza dos escoamentos nestes dois domínios é possível tratá-los separadamente, considerando como elo de ligação as trocas que ocorrem através das paredes dos poros para a matriz do solo (Cameira, 1999).

O conhecimento das relações pressão efetiva e condutividade hidráulica com o teor de água no solo, $h(\theta)$ e $K(\theta)$ ou $K(h)$, é necessário sempre que se pretenda prever o movimento da água e de solutos através do perfil do solo. No entanto, torna-se caro e moroso obter tais relações em laboratório ou *in situ*. Além disso, em laboratório ou *in situ* obtém-se alguns pares de valores discretos. Alguns pontos não poderão ser obtidos *in situ* por limitações naturais, tais como ar aprisionado no solo, que poderá impedir a total saturação do mesmo, ou presença de lençóis freáticos pouco profundos; ou ainda por limitações de funcionamento dos próprios equipamentos de registo do teor de humidade e/ou da pressão efetiva a partir de determinados valores (Cameira, 1999).

Interessa, portanto, ajustar curvas contínuas $h(\theta)$ e $K(h)$ aos pares (h, θ) e (K, h) observados. Os modelos conceptuais mais utilizados para a obtenção de tais relações são as equações de van Genuchten (1980), a de Brooks-Corey (1964, 1966) e a de Gardner (1958).

A condutividade hidráulica, $K(h)$ ou $K(\theta)$, traduz a facilidade com que a água escoar no solo. Quanto maior a permeabilidade do solo à água, maior será a condutividade hidráulica do solo. O inverso da condutividade hidráulica, representa a resistência do solo ao movimento da água (Fernando, 1993). A condutividade hidráulica depende do tipo de solo e, para o mesmo tipo de solo, varia muito com o teor de humidade (Tabuada, 1986). Assim, o seu valor é tanto maior quanto mais húmido estiver o solo, correspondendo o seu máximo valor à situação de solo saturado, designando-se, então, por condutividade hidráulica saturada, K_s (Santos, 1994).

A(s) curva(s) típicas de condutividade hidráulica dos solos curva $K(h)$ ou $K(\theta)$ poderão ser obtidas em laboratório ou *in situ* (Figura 7). Os métodos de obtenção são diferentes. No campo poderão ser instalados monólitos para a determinação de ambas as curvas, $K(h)$ e $h(\theta)$ ou fazer-se a determinação direta da condutividade hidráulica com o infiltrómetro de tensão que fornece apenas os valores para a faixa de teores de humidade correspondentes ao regime *quasi-permanente*. Também se pode encontrar descrição pormenorizada do método e aplicação em campo para determinação da porosidade em hortícolas e forrageiras no trabalho de Vieira (2003).

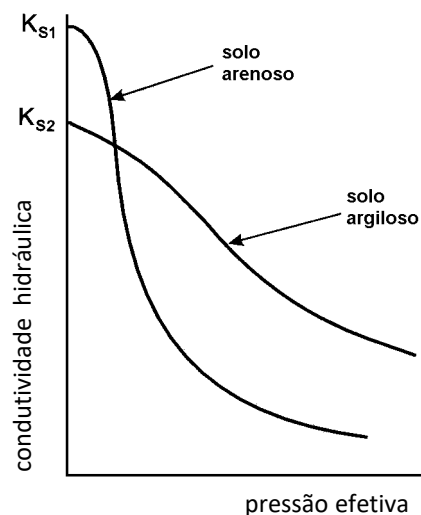


Figura 7- Exemplo de curvas de condutividade hidráulica. (Fonte: adaptado de Hillel, 1998).

No presente trabalho foi utilizado o infiltrómetro de tensão para a determinação das taxas de infiltração e da condutividade hidráulica, valores que permitem posteriormente calcular a porosidade hidráulica efetiva e a densidade de poros por classes de diâmetro médio (macro, meso e microporos). O procedimento aparece descrito na secção de Materiais e Métodos.

3.3. A biologia do solo e os auxiliares

De acordo com o que já foi desenvolvido conclui-se que o solo não é composto apenas por partículas minerais e orgânicas. Existem bilhões de organismos vivos em cada metro quadrado a desempenhar serviços essenciais à gestão sustentável dos sistemas agrícolas e tantos outros que dependem do solo (Lavelle *et al.* 2006) albergando cerca de um quarto da biodiversidade do planeta Terra (FAO 2015). Estima-se que sejam cerca de $1,5 \times 10^{12}$ (Pimentel *et al.* 1997). Estima-se que os artrópodes representam cerca de 97% do total de espécies de animais do solo (Decaëns 2006). A ordem coleóptera apresenta o maior número de espécies dentro do reino animal, com aproximadamente 370.000 espécies descritas.

Swift *et al.* (1979) classificam os organismos decompositores do solo de acordo com a sua dimensão em microfauna, mesofauna e macrofauna. De acordo com as Figuras 8 e 9 a microfauna $< 0,1$ mm; mesofauna 0,1-2,0 mm e macrofauna $> 2,0$ mm concentrando-se principalmente nas camadas mais superficiais do solo.



Figura 8 - Grupos de organismos do solo. (Fonte: Jeffery et al., 2010).

A mesofauna tem como principal função atuar indiretamente na decomposição da matéria orgânica e controlar a população de microrganismos (Beck *et al* 1997, Höfer *et al* 2001). Os insetos são o mais diversificado e bem sucedido grupo de organismos multicelulares do planeta, podendo contribuir com até 87% para a diversidade de espécies animais no ecossistema (Gonçalves e Laura, 2013).

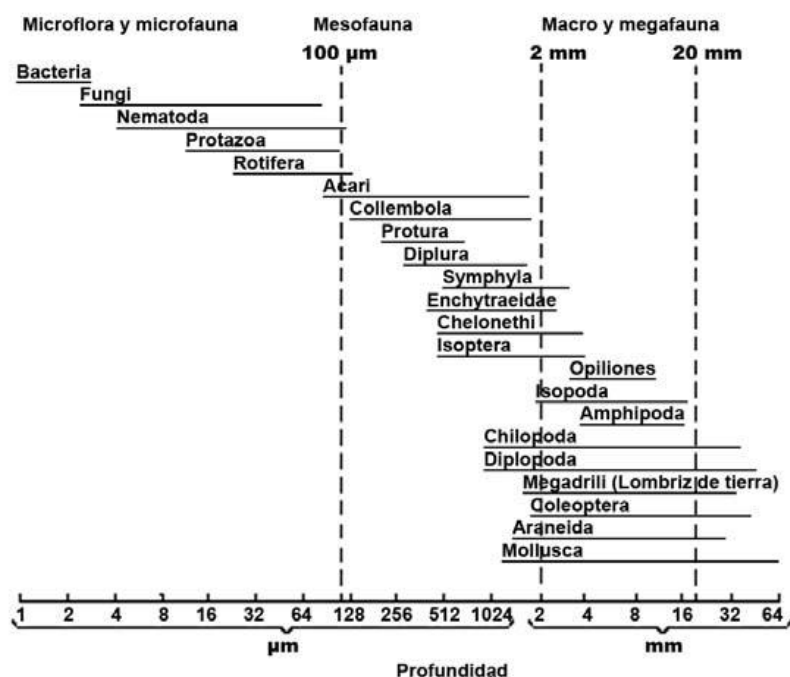


Figura 9 - Classificação da biologia do solo. (Fonte: Swift et al. 1979).

4. As culturas hortícolas do ensaio

4.1. Couve crespa (*Brassica oleraceae* L.)

A família das brássicas, também designadas por crucíferas, compreende mais de 300 géneros, destacando-se os géneros *brássicae raphanus* como os mais difundidos e utilizados. O género brássica contém mais de 40 espécies, muito diversas, tanto na morfologia como na sua utilização, onde se incluem as oleaginosas, forrageiras, ornamentais, condimentares, plantas espontâneas e as culturas hortícolas com diferentes partes comestíveis.

A espécie *brássica olerácea* é extremamente polimórfica, incluindo as couves repolho, lombarda, galega, portuguesa, rábano, flor, brócolo e de bruxelas. No género *Brássica* incluem-se também, a chinesa, o nabo (*B. rapa* L. subsp. *Rapa*) a couve-nabo (*B. napus* var. *napus* L.), a mizuna (*B. rapa* L. susp. *nipposinica*) e a mostarda (*B. juncea* (L.) Czern.). As couves (*Brássica olerácea* L.) são plantas muito rústicas. No entanto, porque se trata de uma cultura que desempenha um papel importante nas rotações, em zonas de cultura intensiva é fundamental que a instalação da cultura se efetue nas condições climáticas ótimas. A nível mundial as couves estão entre as principais culturas

hortícolas, pelo seu volume de produção e produtividade. De um modo geral são cultivadas para o aproveitamento das folhas. Em Portugal a região de maior produção de couves é o Ribatejo e Oeste (Lopes e Simões, 2007)

					
GERMINAÇÃO	DESENVOLVIMENTO DAS FOLHAS		DESENVOLVIMENTO DAS PARTES VEGETATIVAS	APARECIMENTO DO ÓRGÃO FLORAL	FLORAÇÃO
emergência	cotilédones completamente desenvolvidos: o ponto de crescimento ou o início da folha verdadeira, visível	continuação dos estádios de desenvolvimento das folhas	atingida a altura típica	inflorescência principal visível entre as folhas mais altas	início da floração

Figura 10 - Fases de desenvolvimento do ciclo vegetativo da couve de folhas. (Fonte: DGADR).

A couve crespa (*Brássica olerácea* var. *sabellica*) e o cultivar *acephala* é uma variedade de couve de folhas muito frisadas, de sabor suave e subtil, com apenas um ligeiro sabor a couve, não tem o sabor amargo da couve tradicional.

As temperaturas ótimas de crescimento das couves situam-se entre os 15 e 20°C, sendo as temperaturas mínima e máxima extremas de 2 e 32°C. As couves estão bem adaptadas a climas húmidos. As couves são plantas que se adaptam a quase todos os tipos de solo, mas preferem, de um modo geral, os francos a franco-arenosos. Os solos mais arenosos são considerados os melhores para as variedades precoces e, os mais compactos, para as variedades tardias. Os solos devem ter bom poder de retenção de água e boa drenagem, serem ricos em matéria orgânica (entre 2 a 4%), com pH entre 5,5 e 7,0. A sementeira pode ser direta ou praticada em viveiros.

No caso da sementeira em viveiro, o tamanho do alvéolo e o tipo de substrato causam diferenças na qualidade da planta para plantação. Os alvéolos mais apropriados devem ter 21 a 31 mm de largura por 71 a 75 mm de profundidade, correspondendo a 27 a 37 cm³ respetivamente. Neste caso, e a fim de reduzir a crise de plantação, as plantas devem estar bem atepadas na altura do transplante. Para o efeito, deve reduzir-se a quantidade de água após a germinação, procurar manter temperaturas amenas no viveiro, reduzir a adubação azotada e evitar utilizar substratos muito ricos em azoto. As plantações

de couves de folhas podem ocorrer durante todo o ano, mas de cultivo habitual no Outono/ Inverno, e apresenta o início do ciclo produtivo entre 5 a 7 semanas após a instalação no solo (Figura 9).

4.2. Pimento (*Capsicum annuum* L.)

A família das solanáceas possui cerca de 90 géneros e mais de 2600 espécies. Muitas destas espécies são de interesse económico, seja como culturas industriais, medicinais, ornamentais e especialmente como culturas hortícolas, entre as quais existem várias de importância significativa como a cultura da batata, beringela, pimento e de tomate (Lopes e Simões, 2006).

Dentro das plantas hortícolas, as Solanáceas são a família que apresenta maior importância económica a nível mundial, com destaque para as culturas da batata, do tomate, do pimento e da beringela (Almeida, 2014).

Capsicum annuum L. é uma espécie domesticada do género vegetal *Capsicume* pertencente à família *Solanaceae*, nativa do sul da América do Norte e norte da América do Sul (Zhigila, 2014).



Figura 11- Fases de desenvolvimento do ciclo vegetativo do pimento. (Fonte: DGADR).

O pimento (*Capsicum annum* L.) é da família das solanáceas, com um ciclo cultural característico de Primavera/Verão tem o início de um ciclo produtivo com início cerca de 7 a 9 semanas após a instalação (Figura 11).

A planta é herbácea e perene, embora seja cultivada como anual nas regiões de clima temperado. O seu crescimento é do tipo indeterminado. As plantas possuem um

porte ereto, podendo atingir 1,5 metros de altura. O fruto do pimento é oco, devido ao facto de o pericarpo crescer muito mais depressa do que a placenta e a colheita se realiza de forma escalonada (Almeida, 2014).

A temperatura ótima de desenvolvimento do pimento situa-se entre os 18 a 25°C, com humidade relativa de 50 a 70%. É muito sensível às geadas, em especial as primaveris, o que condiciona as plantações precoces ao ar livre. Altas temperaturas e baixa percentagem de humidade relativa, provoca a queda dos botões florais e a formação de frutos de pequeno tamanho. Com baixa luminosidade os entrenós dos caules alongam-se e a planta torna-se débil e floresce menos.

O pimento prefere solos de textura arenosa ou franco-arenosa, ricos em matéria orgânica (entre 2 a 4%), pH entre 6,0 e 7,0 (Lopes e Simões, 2006).

II - Materiais e métodos

2.1. Localização e caracterização da parcela

O ensaio foi conduzido numa parcela agrícola da Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC) designada de “Caldeirão”, inserida na região do Baixo Mondego, freguesia de Bencanta, certificada em Agricultura Biológica (AB) desde 2009 (Figura 12) e decorreu entre os meses de abril e outubro de 2018.



Figura 12– Localização da parcela com delimitação da área de estudo

2.2. Caracterização edafoclimática

Os solos do Baixo Mondego correspondem a uma extensa planície aluvionar, são férteis e de textura franco limosa e franco argilo-limosa, atravessados longitudinalmente pelo rio Mondego. Os solos em que foram instalados os ensaios são aluviões franco-arenosos, de textura média, com 78% de terra fina. O pH médio de 6,4 é bastante equilibrado e confortável para a maior parte das culturas hortícolas.

A caracterização climática foi baseada nos dados recolhidos pela estação agrometeorológica da ESAC. O clima é caracterizado com base nos valores registados na estação de Coimbra-Bencanta (Lat.: 40° 12' 48'' N; Long.: 8° 27' 19'' W), pertença do IPMA e na estação meteorológica da ESAC (Lat.: 40° 12' 59''; Long.: 8° 26' 57'' W).

Para a caracterização climática da parcela e no respeitante ao período em que decorreu este trabalho, recorreu-se aos dados registados na estação de Coimbra-Bencanta, referentes a 2018. Os parâmetros climatológicos temperatura média, humidade relativa média e precipitação, bem como as normais climatológicas de 1981-2010 são apresentados na Figura 13.

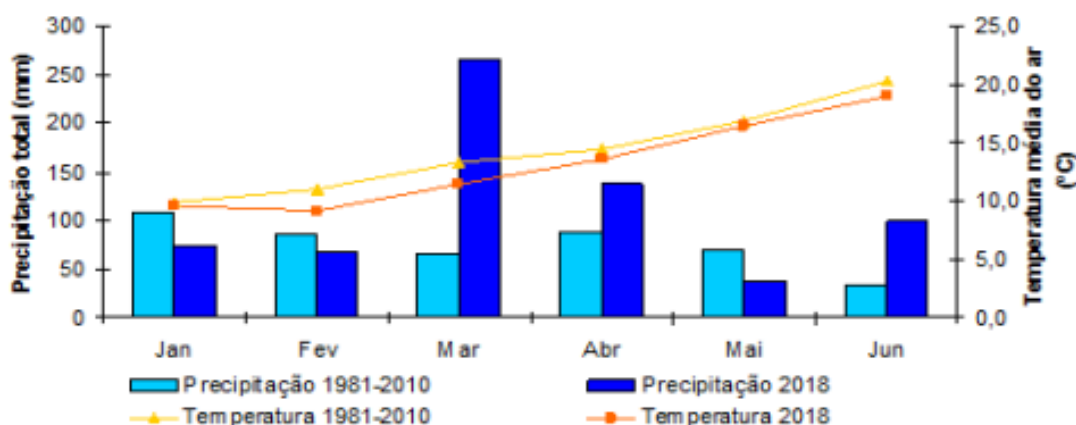


Figura 13 - Precipitação total e temperatura média do ar (janeiro a junho de 2018) e normais climatológicas (1981 a 2010).

Durante os meses em que decorreu o ensaio experimental, verificou-se uma temperatura média abaixo dos valores referenciados nas normais climatológicas. Nos meses de março, abril e junho a precipitação verificada foi superior à média dos valores das normais climatológicas.

2.3. Material vegetal

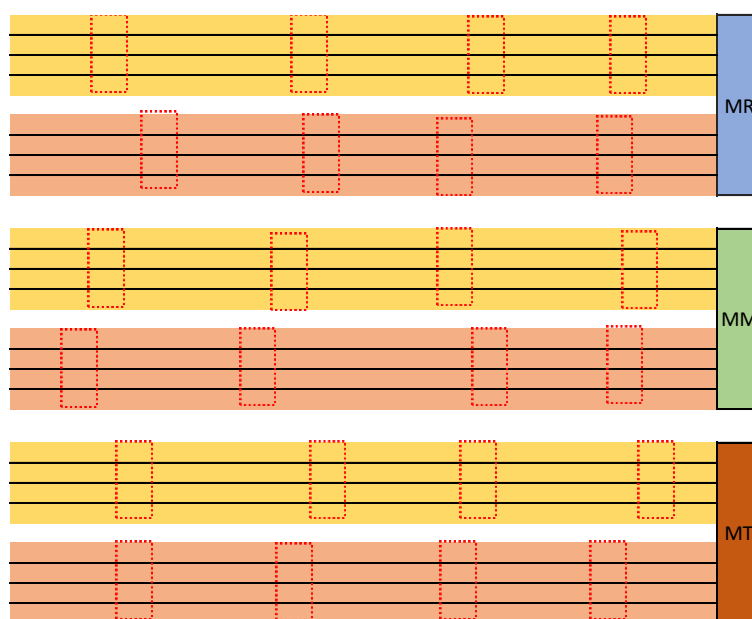
As plantas utilizadas foram provenientes de viveiro certificado em agricultura biológica, transportadas em caixas alveoladas e com um desenvolvimento vegetativo adequado para o seu transplante. Foram instaladas duas espécies, a couve crespa (*Brassica oleraceae* L.) e o pimento (*Capsicum annum* L.). Ambas as culturas apresentam colheitas escalonadas.

2.4. Delineamento experimental do ensaio


O ensaio foi delineado para a instalação das culturas do pimento e couve, onde foram aplicadas três modalidades de controlo de infestantes nas entrelinhas das duas culturas, a utilização de moto roçadora manual (MR – corte com roçadora) para o corte das infestantes, utilização de moto enxada manual (MM – monda mecânica) com a mobilização superficial do solo e a utilização de um queimador a gás manual para promover a queima de infestantes (MT – monda térmica).

Cada modalidade de controlo de infestantes foi constituída por 3 linhas de pimento e três linhas de couve, num total de 9 linhas por cultura. Em cada modalidade foram estabelecidas 4 repetições por cultura (Figura 14).

O compasso de plantação foi de 0,50 m x 0,75 m no pimento e 0,60 m x 0,75 m na couve.



Legenda:

 esquema da repetição com 6 plantas etiquetadas MR – Modalidade Roçadora, MM- Modalidade Mecânica, MT – Modalidade Térmica



 três linhas de couve  três linhas de pimento

Figura 14 – Esquema do ensaio em campo das modalidades em estudo

As Dimensões do campo de ensaio são as seguintes;

Área por repetição: Couve – $1,25 \times 1,20 = 1,50\text{m}^2$ / Pimento - $1,0 \times 1,25 = 1,25\text{m}^2$

Área por modalidade: Couve - $4 \times 1,50\text{m}^2 = 6 \text{ m}^2$ / Pimento – $4 \times 1,25 = 5 \text{ m}^2$

Área por cultura: Couve - $6 \text{ m}^2 \times 3 \text{ modalidades} = 18 \text{ m}^2$

Pimento - $5 \text{ m}^2 \times 3 \text{ modalidades} = 15 \text{ m}^2$

Área total do ensaio: $40 \text{ m} \times 18 \text{ linhas} \times 0,75\text{m} = 540\text{m}^2$

Cada local de repetição contém 6 plantas que foram etiquetadas de 1 a 24 (Figura15).



Figura 15 - Identificação da planta de couve e da planta de pimento

2.4.1. Instalação das culturas e controlo das infestantes

Para a instalação das culturas no campo de ensaio, o terreno foi preparado com ajuda de uma cavadeira e fresa e com o semeador de quatro linhas foram feitas as linhas de plantação. As plantas foram instaladas no terreno nos dias 21 e 22 de maio. A rega é do tipo micro-rega com gotejadores ao longo das linhas em cada cultura e por cada modalidade (Figura 16). A água tem origem no caudal do rio Mondego, que é bombeada e conduzida através de canalização com tubagens de PVC, recorrendo-se a válvulas manuais, que conduzem a água para os diferentes talhões.



Figura 16 – Aspeto do campo de ensaio em produção.

2.4.2. Modalidades de controlo de infestantes no ensaio

A modalidade do controlo das infestantes por corte das plantas foi realizada com recurso a roçadora nas entrelinhas das culturas do pimento e da couve, no talhão desta modalidade.

A monda mecânica foi executada com uma moto enxada de 2 discos, que procedeu á mobilização superficial do solo com o objetivo de remover as infestantes existentes nas entrelinhas das culturas.

A monda térmica foi realizada com recurso a um queimador a gás. Este equipamento era constituído essencialmente por um carrinho de mão adaptado com uma estrutura de metal para apoio e suporte de uma bilha de gás, um botão de regulação da quantidade de gás e um queimador de metal onde era produzida a chama sobre as infestantes no solo. Estes procedimentos foram feitos nas entrelinhas de pimento e de couve (Figura 17).



Figura 17 - Utilização das três modalidades de controlo das infestantes no campo de ensaio: roçadora - motoenxada - térmica

2.5. Determinação dos diferentes parâmetros do solo

2.5.1. Colheita de amostras para a densidade aparente

As amostras para a determinação da densidade aparente foram colhidas com anéis metálicos de 5,3 cm de diâmetro e 3 cm de altura (volume de 66,19 cm³). As amostras não perturbadas foram colhidas à superfície do solo, tendo havido o cuidado de limpar a vegetação superficial antes de introduzir os anéis metálicos. Depois de retirados do solo, os anéis são acertados nos topos superiores e inferiores para que a massa de solo colhida corresponda apenas ao volume do anel. Em cada repetição foram colhidas 3 replicações, cuja média é o valor da densidade aparente considerado por cada repetição (Figura 18).



Figura 18 – Colheita das amostras para determinação da densidade aparente. 3 replicações por local.

Depois de colhidas as amostras foram secas em estufa a 105 °C durante 48 horas. Uma vez arrefecidas em exsiccador, as amostras são pesadas para determinar a massa de solo de cada amostra. A densidade aparente dimensional corresponde à massa volúmica do solo seco, sendo o resultado da massa de solo dividida pelo volume do anel.

2.5.2. Métodos laboratoriais para as análises químicas

Para a determinação da terra fina, procedeu-se da seguinte forma: as amostras foram secas em estufa com ventilação forçada de ar, a 38 °C durante 24 horas, foram moídas em moinho que efetua a separação do material através de um crivo de 2 mm de malha que vai separar o material grosseiro da terra fina. Para determinar a terra fina pesa-

se o conjunto da amostra (terra fina com elementos grosseiros) e posteriormente apenas a terra fina. O valor da terra fina é expresso em percentagem (%) do peso total da amostra.

O método utilizado para determinar fósforo e potássio extraíveis foi o método de Egner-Riehm, que realiza a extração simultânea do fósforo e potássio através da solução de lactato de amónio e ácido acético, tamponizada a pH compreendido entre 3,65 e 3,75. A reação do solo é tamponizada de modo a obter-se um valor de pH semelhante ao que na realidade existe na zona à volta da porção absorvente da raiz quando se efetua a utilização dos nutrientes pela planta. O solo é agitado durante duas horas com a solução extratante, e no extrato obtido determina-se o fósforo e o potássio. O doseamento do fósforo é feito pelo método colorimétrico do molibdato de amónio em meio ácido e ácido ascórbico, e o doseamento do potássio diretamente por espectrofotometria de absorção atômica (Balbino,1968; L.Q.A.R.S,1986; Póvoas e Barral, 1992 cit. por Pato, 2011).

A matéria orgânica foi determinada pelo processo de oxidação-redução em que o carbono é oxidado a CO₂. A oxidação da amostra em barquinhas de combustão, a 590 °C é feita num ambiente com oxigénio puro. A combinação da temperatura do forno e do fluxo de oxigénio origina a combustão da amostra. Os gases libertados dessa combustão passam nos dois tubos de Anidrona® sendo retirada a humidade e o dióxido de carbono é detetado através de célula de infra-vermelhos (IR) (> 700 nm). A célula de IR quantifica a concentração do gás dióxido de carbono, e converte esses valores em percentagem, através de uma equação existente no *software* de acordo com o peso da amostra, a calibração e o valor da humidade da amostra (LECO®,1997; ISO 10694,1995 cit. por Pato, 2011). O teor da matéria orgânica, expresso em percentagem (%) é dado pela expressão: Matéria orgânica (%) = Carbono (%) x 1,724, uma vez que 58% da matéria orgânica é constituída por carbono.

O pH foi determinado com base na norma internacional ISO 10390:2005 (E) onde especifica um método instrumental de rotina, utilizando um eletrodo de vidro, numa suspensão 1:5 (volume da fração) de solo e água (pH em H₂O) com 10 cm³ em 50 ml água desmineralizada.

De acordo com os resultados da análise realizada em maio de 2018, proveniente da amostra de solo resultante de quatro sub- amostras colhidas em diferentes pontos, o solo da parcela apresenta as seguintes características físico-químicas (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados da análise sumária na amostra de solo da parcela

	Terra fina (%)	M.O. (%)	pH	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O (mg/kg)
Amostra total	78,0	1,425	6,35	90,75	155,00
Classificação	Textura média	baixa	Pouco ácido	médio	alto

2.5.3 Taxas de infiltração, condutividade hidráulica e porosidade efetiva

As taxas de infiltração foram determinadas *in situ* com recurso a um infiltrómetro de tensão. Os resultados determinados diretamente no campo correspondem às taxas de infiltração para diferentes pressões efetivas, o que permitirá determinar a porosidade à superfície do solo, por classes: macro, meso e microporosidade.

Foi utilizado um infiltrómetro de tensão com placa porosa separada da torre de água. Quando em leitura na parcela tem de ser assegurado o perfeito contato da membrana da placa porosa com o solo.

As principais componentes do modelo de infiltrómetro de tensão utilizado (Figura 19) são:

- 1) *Reservatório de água*: tubo com diâmetro interno de 50,8 mm, para o fornecimento de água ao solo;
- 2) *Torre de borbulhamento*: tubo com diâmetro interno de 25,4 mm, é responsável pelo controlo da tensão à superfície do solo através da regulação da altura do tubo de entrada de ar;
- 3) *Placa porosa com membrana de nylon*: estabelece a continuidade hidráulica com a superfície do solo;
- 4) *Tubo de ligação entre o reservatório de água e a placa porosa*: tem um diâmetro interno de 12,7 mm e é munido de uma válvula uni-direcional;
- 5) Capilar que liga a torre de borbulhamento ao reservatório de água: diâmetro interno de 1,6 mm.

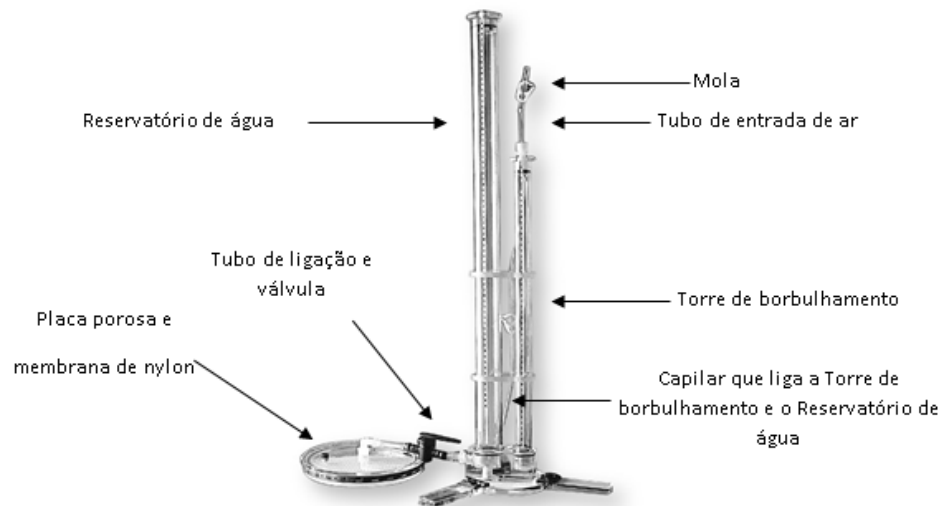


Figura 19 – Modelo de infiltrômetro de tensão utilizado, com placa porosa de diâmetro 20 cm.

Antes de se iniciarem as leituras *in situ* deve-se proceder à calibração do aparelho para determinar a altura a que deve ser colocada a extremidade inferior do tubo de entrada de ar na torre de borbulhamento, para que na placa porosa se possa garantir as tensões de entrada da água no solo de 0, 3, 6 e 15 cm, uma vez que cada tensão corresponde, no tubo de entrada de ar, a uma posição diferente (Anexo I).

A calibração é necessária por haver viscosidade entre as paredes dos reservatórios do infiltrômetro e a água, o que impede que a posição da extremidade inferior do tubo de entrada de ar abaixo do nível da água na torre de borbulhamento seja exatamente igual ao valor da tensão de entrada de água pretendida no solo. Deste modo, a calibração tem a finalidade de determinar o fator geral de correção (FGC) que anule a distorção provocada por tais resistências nas respectivas tensões a aplicar posteriormente nas leituras de campo.

Procedeu-se à calibração em laboratório para a determinação do FGC tal como mostrado na Figura 20.

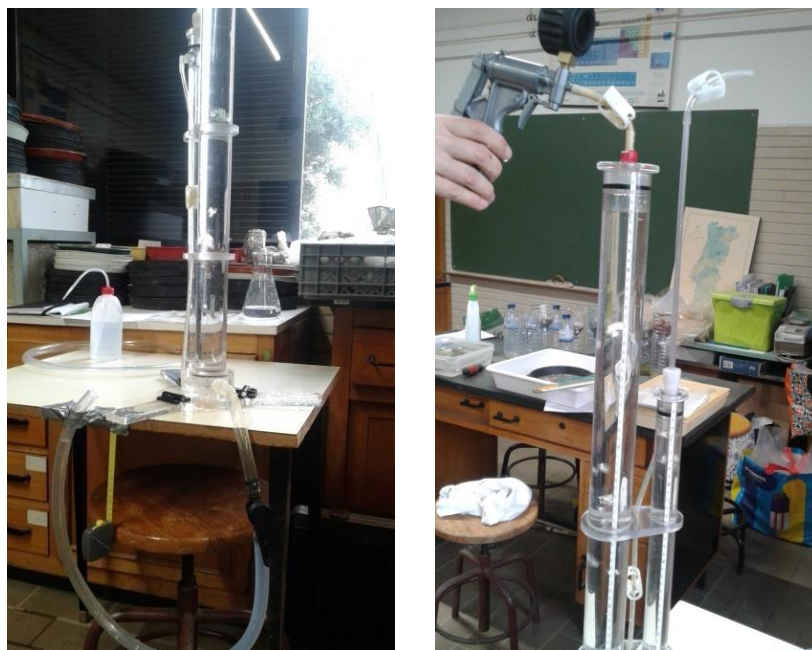


Figura 20 - Calibração do infiltrômetro de tensão em laboratório

Durante o processo de calibração em laboratório, obtém-se um fator de correção por cada tensão imposta e verificada no manômetro. O FGC a considerar é o resultado da média dos valores dos fatores de correção obtidos para cada tensão (Tabela 2). Deste modo, em determinações no terreno (ou *in situ*) o valor do FGC de 3 cm será adicionado a cada tensão de entrada de água no solo. Ou seja, a extremidade inferior do tubo de entrada de ar na torre de borbulhamento é colocada na posição “tensão + FGC”.

Tabela 2 - Fatores de correção obtido durante a calibração do infiltrômetro.

Tensão	Fator de correção
0 cm	2,9
3 cm	3,2
6 cm	3,1
15 cm	2,8
Fator Geral de Correção	3

Após a calibração foram feitos os registros das taxas de infiltração em campo.

Foram realizados em três locais, um local por cada modalidade de tratamento (MR, MM, MT). Aplicaram-se sequencialmente por ordem decrescente as quatro tensões de água (0, 3, 6 e 15 cm) à superfície do solo até se conseguir a estabilização por cada

tensão, o que corresponde a atingir o escoamento estacionário para cada valor de tensão de entrada de água no solo. São necessários vários registros.

O estado ideal do solo para a realização destes registros é quando está seco, uma vez que quando os poros possuem água há maior risco de obstrução/colmatação dos poros e/ou destruição dos agregados. Por cada conjunto de tensões, foram feitas as medições na mesma superfície de infiltração e mantendo intacta a placa porosa.

O tratamento prévio da superfície do solo e do infiltrômetro, antes de se iniciarem as leituras, consiste em:

- Nivelar-se a superfície do solo onde se faz as leituras, retirando-se eventuais pedras, ervas e raízes. Coloca-se sobre o solo um círculo de gaze para prevenir a obstrução dos poros superficiais. Humedece-se bem a gaze com água de um pulverizador e coloca-se um anel de metal para delimitar a área de assentamento da placa porosa. Preenche-se o anel com areia muito fina e nivela-se com espátula de pedreiro. (Figura 21).



Figura 21- Instalação do infiltrômetro no campo

- Humedecer-se bem a areia de forma a ficar bem aderente à placa porosa evitando a entrada de ar. Mantendo-se sempre a placa porosa mergulhada em água enche-se o reservatório de água com a válvula fechada. Abre-se de seguida a válvula para que a água preencha todos os espaços libertando as bolhas de ar possíveis no circuito da mangueira e placa. Repõe-se o volume de água no reservatório e coloca-se a tampa, fecha-se a mola da entrada de ar da tampa para garantir uma pressão nula no topo do reservatório, no espaço entre o nível da água e a tampa do reservatório. Acerta-se o nível da água na torre de borbulhamento e ajusta-se o tubo de entrada de ar consoante a tensão da leitura a

efetuar. Verifica-se se estavam abertas a mola do tubo de entrada de ar e a do capilar de ligação entre a torre e o reservatório.

Humedecer-se mais uma vez a areia com o pulverizador; enche-se com água o tubo que liga a válvula á placa porosa para evitar a formação de bolhas de ar; introduziu-se o tubo, cheio de água, na placa porosa, que está ainda mergulhada em água no recipiente (Figura 22); com rapidez coloca-se a placa porosa sobre a areia e abre-se a válvula, dando início à infiltração da água no solo às diferentes tensões 0 cm, 3 cm, 6 cm e 15 cm; fazem-se as leituras do nível da água no reservatório em intervalos de tempo fixos, de 1 ou 2 minutos e registam-se as alturas da água que saem do reservatório do infiltrómetro.



Figura 22 - Placa porosa submersa em água

Para evitar a descontinuidade do escoamento permanente pela entrada de ar através da membrana, as medições começam o mais rapidamente possível, após a colocação da placa porosa assente sobre a areia húmida.

2.4.6. Caracterização da macrofauna do solo

Para a captura da macrofauna foram colocadas armadilhas do tipo *pitfall* que consistem em copos enterrados no solo, ficando a bordadura do copo ao nível do solo. As dimensões de 10 cm de altura e 10 cm de diâmetro e ao nível do solo (Figura 23), de maneira a ficarem rasos com a superfície do solo, criando a armadilha aos insetos.




Figura 23- Colocação de armadilhas para captura de macrofauna à superfície do solo

As armadilhas foram dispostas ao longo da linha de cultura, para evitar os trabalhos e passagens que são feitos na entrelinha, quatro copos por cada modalidade e por cada cultura, conforme esquema da Figura 24. Cada copo levou produto anticongelante, até metade, para que os animais aí caídos pudessem ficar retidos por afogamento e conservados.

PR1	PR2	PR3	PR4	3 LINHAS DE PIMENTO	MR
CR1	CR2	CR3	CR4	3 LINHAS DE COUVE	
PM1	PM2	PM3	PM4	3 LINHAS DE PIMENTO	MM
CM 1	CM2	CM3	CM4	3 LINHAS DE COUVE	
PT1	PT2	PT3	PT4	3 LINHAS DE PIMENTO	MT
CT1	CT2	CT3	CT4	3 LINHAS DE COUVE	

Figura 24 – Desenho experimental usado para instalação das armadilhas

 copos de armadilha dispostos nas 4 repetições por modalidade (P- área pimento, C- área couve, R- tratamento roçadora, M- tratamento monda manual, T- tratamento monda térmica)

Com propriedades conservantes, este produto ajudou a manter as amostras no campo durante duas semanas, após esse tempo foram recolhidos e levados para laboratório de modo a serem contados e identificados.

Os resultados obtidos são expressos por número de indivíduos por armadilha. Após a recolha dos copos das parcelas (Figura 25), em laboratório foram feitas, as

observações e identificação da macrofauna capturada, com auxílio de uma lupa. Além da generalidade de insetos capturados, foram também apanhados pelas armadilhas 2 roedores muito jovens. Os indivíduos identificados nas diferentes amostras foram classificados pelas ordens taxonômicas seguindo a chave taxonômica de departamento de entomologia da Universidade Federal de Lavras adaptada de R. A. Zucchi (ESALQ/USP).



Figura 25 – Recolha de copos/armadilhas do campo em estudo.

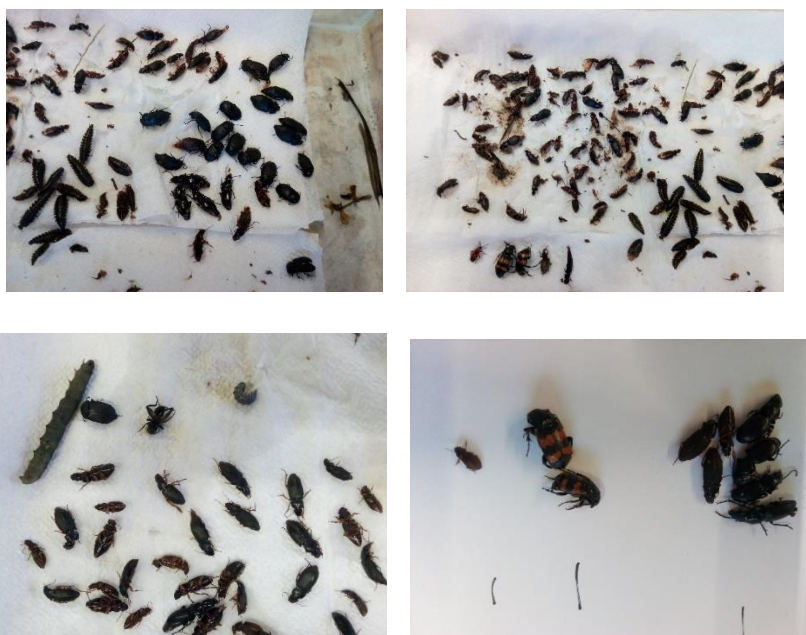


Figura 26 - Alguns exemplos de amostras de insetos capturados

III - Resultados e discussão

3.1. Resultados de análises de solo por modalidade

Ao fim do período de ensaios, as análises de solo foram realizadas em amostras compostas por cada modalidade para a determinação dos parâmetros pH, teor em matéria orgânica (M.O.), teor em fósforo e potássio assimiláveis (P_2O_5 e K_2O). A determinação das bases cálcio e magnésio (Ca e Mg) e do teor em micronutrientes cobre, ferro, zinco e manganês (Cu, Fe, Zn e Mn) foi realizada em amostra composta pelas amostras parciais de cada modalidade. Nesta mesma amostra composta também foram determinados os metais pesados totais; cobre, zinco, crômio, chumbo, cádmio, níquel e mercúrio (Cu, Zn, Cr, Pb, Cd, Ni, Hg). Da análise sumária (Tabela 3 e Figura 27) salienta-se o baixo teor de matéria orgânica nos três tratamentos, sendo menor do que 2% e classificado como teor baixo.

Os riscos de se trabalhar em Agricultura Biológica com baixos teores de matéria orgânica prendem-se com a eventual carência de nutrientes, pouca estabilidade dos agregados do solo, menor capacidade para a retenção da água, biologia do solo menos diversa por falta de fontes de energia para as populações de microrganismos. Tal resulta num sistema de produção menos funcional e menos sustentável a longo prazo, mais afastado do seu potencial produtivo e mais caro porque a necessidade mais recorrente de adubos orgânicos e/ou minerais naturais encarece a produção (Maeder *et al.*, 2002; Ferreira *et al.*, 2009). Os teores de fósforo e potássio extraíveis são confortáveis, teores médios para o fósforo e altos para o potássio (Tabela 3). Os desvios-padrão são reduzidos, correspondendo no máximo a 13,4% da média (no teor em fósforo) o que significa não haver grande variabilidade dos valores destes quatro parâmetros entre as três modalidades de tratamentos.

Tabela 3– Resultados da análise sumária nas amostras de solo dos três tratamentos

	M.O. (%)	pH	P_2O_5 (mg/kg)	K_2O (mg/kg)
Térmica	1,2	6,3	99	156
Mecânica	1,3	6,4	77	150
Roçadora	1,3	6,4	82	177
Média (d.p.)	1,3 ($\pm 0,24$)	6,4 ($\pm 0,06$)	86,0 ($\pm 11,53$)	161,0 ($\pm 14,18$)
Classificação	baixa	pouco ácido	médio	alto

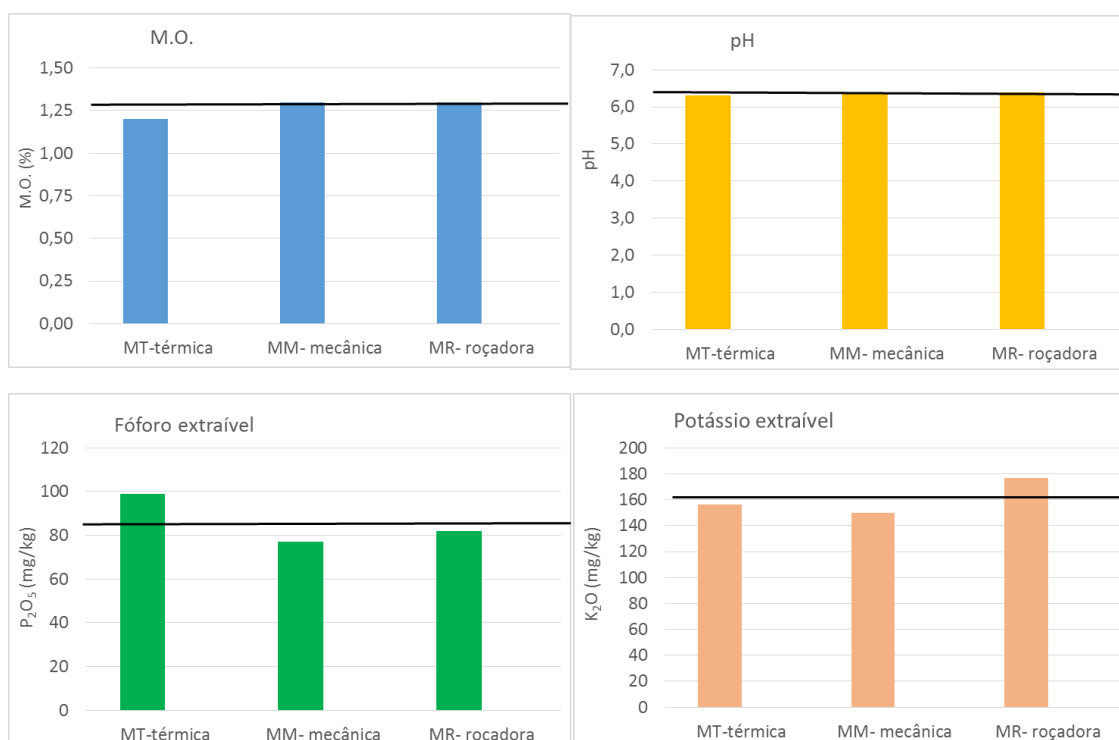


Figura 27 – Matéria orgânica (M.O.), pH, fósforo e potássio extraíveis e pH nas parcelas dos ensaios. Resultados por cada tratamento, com indicação do valor médio.

Apesar do baixo teor em matéria orgânica, verifica-se que os micronutrientes analisados (Cu, Zn, Fe e Mn extraível) apresentam teores confortáveis, mas as bases cálcio (Ca) e magnésio (Mg) apresentam teores baixos e desequilibrados entre si (Tabela 4). O rácio Ca/Mg é superior a 4 o que aumenta o risco de pouco aproveitamento do Mg pelas plantas.

Tabela 4 – Resultados das análises de bases e micronutrientes em amostra composta dos três tratamentos.

	bases (me/100 g)			micronutrientes (mg/kg)			
	Ca	Mg	Ca/Mg	Cu	Zn	Fe	Mn
Todos	4,0	0,8	5	3,8	2,3	109	17
Classificação	baixo	baixo	alto	médio	médio	muito alto	médio

O teor em N total Kjeldahl é de 0,13%, o que corresponde a 9,3% da matéria orgânica. É uma percentagem confortavelmente mais elevada do que o valor de referência universal de 5% de N total na matéria orgânica. É pertinente referir que o método Kjeldahl é satisfatório para a análise do N total na maioria dos compostos azotados que ocorre nos solos e plantas (N orgânico e N-NH₄⁺ trocável), mas não apresenta resultados satisfatórios

quando estão presentes as formas N-NO_3^- e N-NO_2^- , podendo o resultado ser muito variável, dependendo da quantidade de água e de matéria orgânica presente no solo (Silva *et al.*, 2006).

Se considerarmos uma taxa de mineralização média de 2% ao ano, pode-se estimar uma disponibilidade de N para as culturas instaladas, de cerca de 68 kg N/ha na camada superficial de 20 cm de solo.

Os teores em metais pesados estão muito afastados dos valores limite definidos (Tabela 5), sendo que o Cu e Ni aparecem com maior representatividade, correspondendo a 34 e 28% do valor limite, respetivamente. Tal como é esperado e desejável dos solos que produzem em modo biológico, os teores em metais pesados não suscitam nenhuma cautela quanto ao risco de poder haver acumulação destes elementos na planta.

Tabela 5 – Teor total de metais pesados (mg/kg) da amostra composta dos três tratamentos.

	Cu	Zn	Cr	Pb	Cd	Ni	Hg
Todos	34	94	21	35	< 1,03	21	0,08
Valor Limite	100	300	200	300	3	75	1,5

3.2. Densidade aparente do solo

A densidade aparente foi determinada numa malha apertada, correspondendo a 3 replicações por cada local de amostragem na entrelinha das 4 repetições de cada modalidade. Ao todo foram retiradas 36 amostras, sendo que na modalidade de mobilização com a motoenxada (MM) da parcela ocupada pelo pimento, fez-se ainda a diferenciação entre os valores da linha e os da entrelinha.

A Figura 28 mostra os valores médios da densidade aparente e respetivos desvios-padrão obtidos para cada modalidade aos pares de culturas. A totalidade dos valores determinados em cada replicação e repetição por modalidades são apresentados no Anexo II.

Pode-se dizer que os desvios em relação à média são maiores na modalidade MR para ambas as culturas, mas não se distingue um padrão de densidade aparente por cultura entre as modalidades. Os valores da densidade aparente nas modalidades com o pimento, por exemplo, tanto é a menor densidade aparente de todas (na MR-pimento) como é a

maior de todas (na MM-pimento). Os valores médios nas parcelas ocupadas pelas couves estão mais próximos entre as 3 modalidades do que os valores das densidades aparentes das parcelas ocupadas pelo pimento. No entanto, tal não se deverá a efeitos diferenciados das raízes das plantas porque estamos a falar de valores na entrelinha, onde não é esperado verificar-se o efeito das raízes de hortícolas não tuberosas na estrutura do solo.

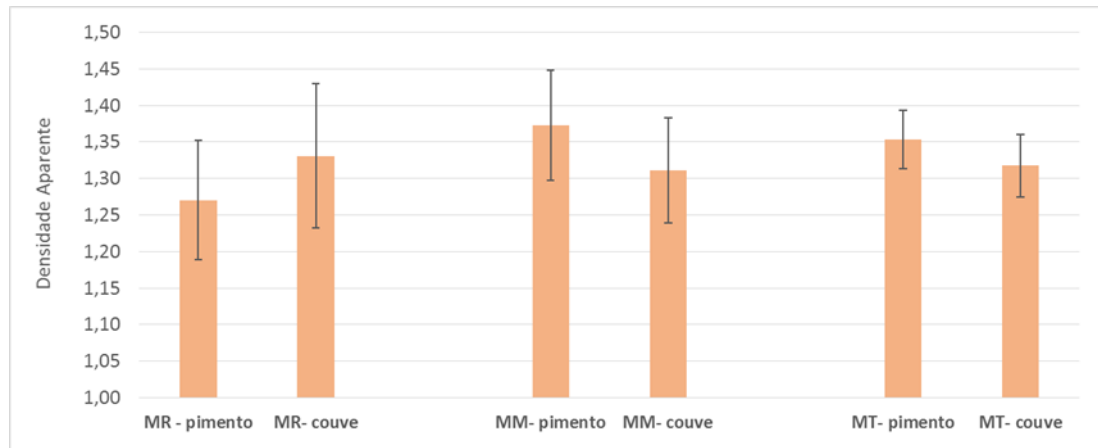


Figura 28 – Valores médios e desvios-padrão da densidade aparente determinada nas 3 modalidades de controlo de infestantes

No entanto, quando se determinam também os valores da densidade aparente na linha, a diferença entre os valores médios da linha e da entrelinha é bastante relevante na parcela de mobilização com a motoenxada (MM), mas os desvios em relação à média são da mesma ordem de valores (Figura 29).

Esta diferença de valores comprova que houve um efeito de compactação não desprezável na entrelinha devido ao calcamento provocado pela deslocação de máquinas e pessoas necessárias na manutenção do controlo de infestantes, bem como para serem feitas as amostragens necessárias aos parâmetros a determinar.

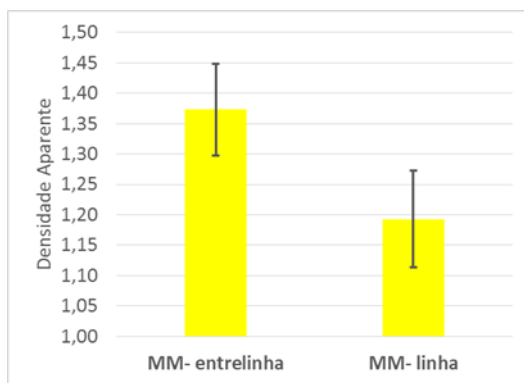


Figura 29 – Densidade aparente na linha e na entrelinha da modalidade motoenxada na parcela ocupada com pimento (MM-pimento).

Em todas as modalidades avaliadas os valores médios da densidade aparente são indicadores de solos bem agregados e arejados, o que se deverá essencialmente ao teor ótimo ou ideal de argila na sua textura, uma vez que os baixos teores de matéria orgânica deixam adivinhar que pouco contribuirá para a agregação. Valores de densidade igual ou acima de 1,6 começam a ser limitantes à progressão das raízes e essas camadas de solo a serem designadas por “impermes” ou “calos de lavoura”, por se formarem muito regularmente à profundidade dos trabalhos de mobilização profunda que são os 40-50 cm.

3.3. Taxas de infiltração da água no solo

Como referido em 2.5.3 as taxas de infiltração foram determinadas nas três modalidades com o infiltrómetro de tensão provocando-se a entrada de água no solo às pressões efetivas de 0, 3, 6 e 15 cm de água.

Estes intervalos de valores correspondem às pressões de entrada e retenção de água nas diferentes classes de diâmetro de poros: macro, meso e microporos.

As taxas de infiltração do solo determinadas correspondem aos valores registados após atingido o regime *quasi*-permanente. Para cada tensão sabe-se que foi atingido o regime *quasi*-permanente quando a relação “infiltração acumulada vs. tempo” se torna linear. Foram feitas regressões lineares às séries de dados, retirando-se os pontos iniciais para se otimizar o coeficiente de determinação ($R^2 > 0,95$).

Com este método identificou-se e desprezou-se o intervalo de tempo durante o qual a taxa de infiltração varia de forma mais irregular, por corresponder a um escoamento

variável ou não uniforme, considerando-se apenas os valores a partir dos quais a infiltração se torna constante. O tempo ao fim do qual se atinge esta situação depende do teor inicial de humidade do solo e das suas propriedades hidráulicas.

A Figura 30 apresenta os valores de taxa de infiltração determinados nos diferentes tratamentos para as quatro pressões efetivas, correspondendo a pressão efetiva de 0 cm à taxa de infiltração do solo à saturação, uma vez que há um fluxo contínuo de água através de todos os poros que se encontram preenchidos de água.

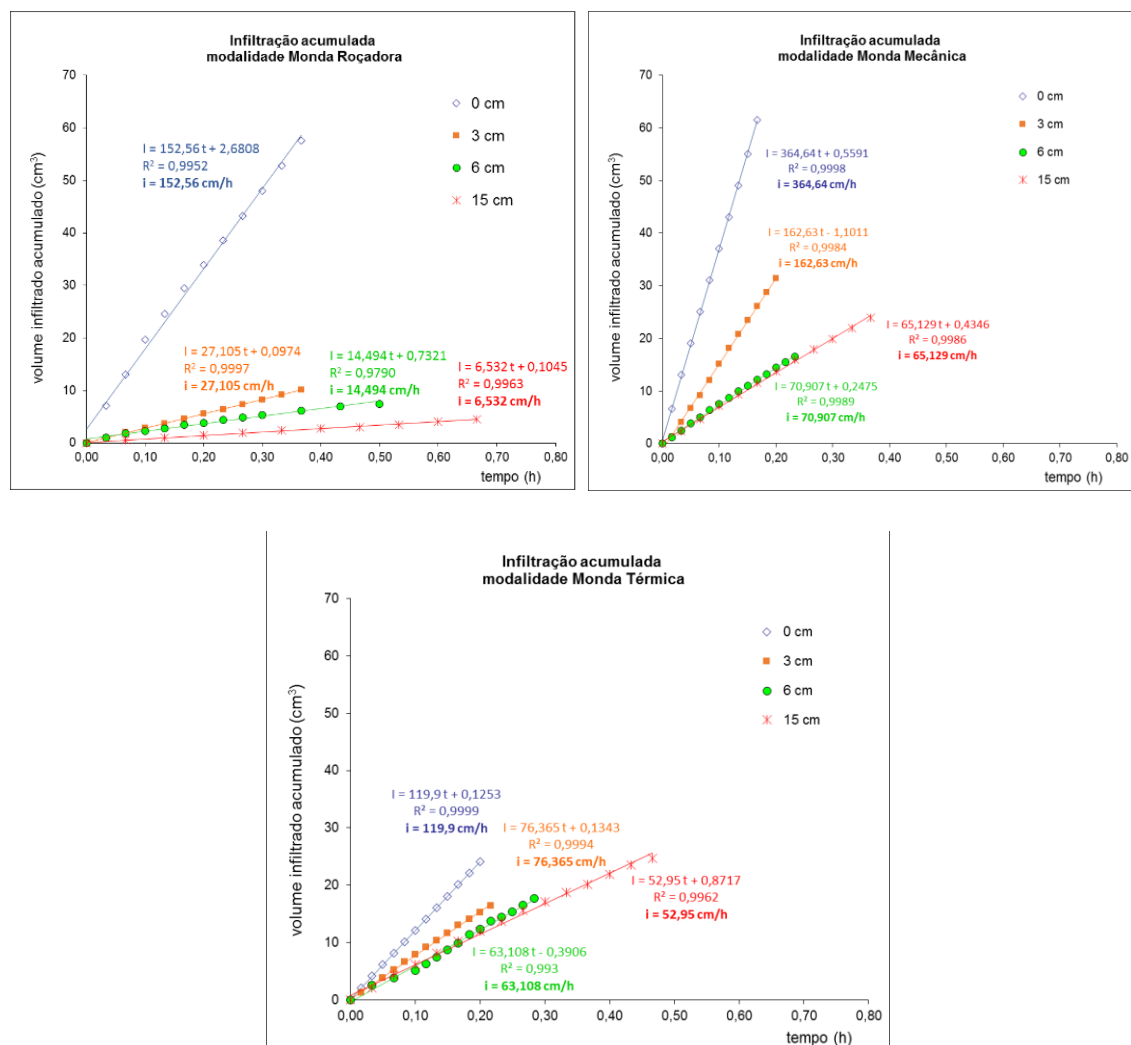


Figura 30 - Infiltração acumulada e taxas de infiltração nas três modalidades de monda. Valores determinados para as pressões efetivas de entrada de água nos poros de 0, 3, 6 e 15 cm.

Os valores da Figura 30 indicam que a modalidade MM destaca-se bem pelas maiores taxas de infiltração da água à superfície do solo, seguida pela modalidade MR e

com menores taxas de infiltração a modalidade MT que, por sua vez, está mais próxima da MR do que ambas da MM.

A Tabela 6 mostra mais claramente que as taxas de infiltração são confortavelmente superiores na modalidade MM em todas as tensões de entrada de água, o que será um indicador de boa porosidade hidráulica efetiva, tanto macro como microporosidade.

Em oposição, a modalidade MR demonstra uma grande diferença entre as taxas de infiltração ocorridas às diferentes tensões de entrada de água no solo, o que poderá indicar que os poros mais pequenos contribuem pouco para o fluxo contínuo da água no solo.

Tabela 6 – Taxas de infiltração do solo para diferentes valores de pressão efetiva e condutividade hidráulica saturada.

	i (cm.h⁻¹)				Ks (cm.h⁻¹)
	0 cm	3 cm	6 cm	15 cm	
MR	152,6	27,1	14,5	6,5	94,99
MM	364,6	162,6	70,9	65,1	172,89
MT	119,9	76,4	63,1	53,0	35,93

Como era esperado, as taxas de infiltração vão diminuindo à medida que se aumenta a pressão de entrada de água nos poros, uma vez que os maiores valores de pressão de entrada de água correspondem aos poros mais pequenos.

3.4. Condutividade hidráulica e porosidade do solo

A condutividade hidráulica é determinada pelo método ou aproximação de Wooding (1968) que faz uso das equações de Gardner para o cálculo da condutividade hidráulica a partir dos registos do infiltrómetro de tensão, de acordo com o descrito no Anexo III.

A Figura 31 apresenta as curvas de condutividade hidráulica para as três modalidades. Tal como esperado (Tabela 7), o maior valor de condutividade hidráulica saturada ocorre no tratamento MM, seguido do tratamento MR, sendo que a

condutividade hidráulica saturada da modalidade MT é significativamente menor, correspondendo apenas a cerca de 20% da condutividade hidráulica saturada da MM.

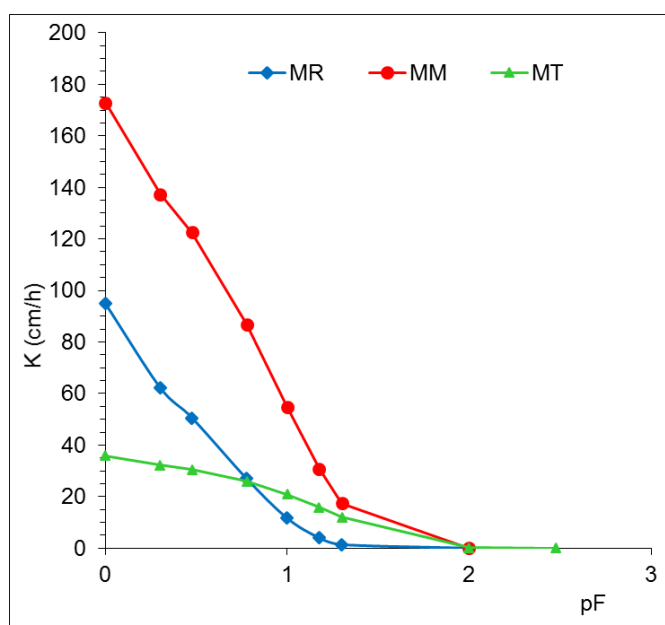


Figura 31 – Condutividade hidráulica em função da pressão efetiva, em valores de pF.

A porosidade total do solo foi calculada a partir da densidade aparente determinada diretamente na parcela, assumindo-se que a densidade real das partículas do solo é o valor de $2,65 \text{ g.cm}^{-3}$, valor típico para solos mineralizados, com pouca matéria orgânica, uma vez que neste caso o teor de M.O. é menor do que 2%. Por cada modalidade considerou-se a média da densidade aparente determinada nas parcelas ocupadas com pimento e com couve. A Tabela 7 mostra os valores de densidade aparente média considerada para o cálculo da porosidade total do solo determinada por modalidade.

Tabela 7 – Densidade aparente média determinada em cada tratamento e porosidade total calculada.

	MR	MM	MT
Densidade aparente	1,300	1,342	1,336
Porosidade (%)	50,92	49,36	49,58

A sequência de tensões de entrada de água nos poros utilizada foi por ordem decrescente, iniciando-se na pressão efetiva de 15 cm e continuando com 6, 3 e 0 cm. Tal

permite determinar quatro classes de poros: a classe de poros com raio $> 0,5$ mm que corresponde aos macroporos, a classe de poros entre 0,5 e 0,1 mm que corresponde aos mesoporos, podendo-se dividir em mesoporos-1 (de 0,5 a 0,25 mm) e mesoporos-2 (de 0,25 a 0,1 mm); a classe de raio $< 0,1$ mm que corresponde aos microporos, os quais constituem a matriz homogênea do solo. A quantidade de poros determinados correspondem à *porosidade efetiva* e corresponde aos poros hidrologicamente ativos, através dos quais a água se movimenta no solo, ficando assim excluídos quaisquer poros obstruídos ou isolados.

Os valores determinados para as classes de poros, através das corridas de infiltração de água no solo a diferentes tensões com o infiltrômetro de tensão, são apresentados na Tabela 8.

O número de poros por metro quadrado e os que contribuem para o fluxo de água no interior do solo (Tabela 8) são apenas os que estão hidraulicamente ativos. Correspondem a poros interligados, que mantêm a sua continuidade no interior do solo, daí a designação de porosidade efetiva.

Constata-se que a modalidade MM é a que possui maior quantidade de poros por metro quadrado e porosidade hidraulicamente ativa, seguindo-se da modalidade MR e, por último, a modalidade MT. Esta informação é concordante com as maiores taxas de infiltração observadas na modalidade MM. Isso significa que nesta modalidade a infiltração da água no solo é governada principalmente pelos meso e macroporos.

Ainda que o contributo da porosidade efetiva seja reduzido face à porosidade total estimada (Tabela 8), é essencial para assegurar o movimento de entrada de água no solo de forma a atingir e preencher os microporos, nos quais fica armazenada e retida a maior parte da água do solo.

Verifica-se que a macroporosidade (conjunto dos macroporos e mesoporos) corresponde a uma pequena percentagem da porosidade total do solo (Tabela 8). Os resultados apresentados pelo tratamento MM permitem deduzir que em solos muito mineralizados a mobilização superficial do solo ajuda bastante o processo de infiltração.

Constata-se, portanto, que apesar da aparente insignificante contribuição da macroporosidade na porosidade total do solo, a sua importância na velocidade de transporte da água é elevada, tal como demonstram as taxas de infiltração apresentadas na Tabela 6.

Tabela 8 – Porosidade total e efetiva (ou hidraulicamente ativa).

	K(h)				K _d (h)			N - número de poros por m ²			θ _e - porosidade hidraulicamente efetiva			θ _e - porosidade hidraulicamente efetiva			ϕ (%) porosidade total
	(m/s)				(m/s)						m ³ m ⁻³			(x 10 ⁻⁵ m ³ m ⁻³)			
	h1= 0 cm	h2= -3 cm	h3= -6 cm	h4= -15 cm	h1-h2	h2-h3	h3-h4	macroporos r>0,5 mm	mesoporos 0,25<r<0,5 mm	mesoporos 0,1<r<0,25 mm	macroporos r>0,5 mm	mesoporos 0,25<r<0,5 mm	mesoporos 0,1<r<0,25 mm	macroporos r>0,5 mm	mesoporos 0,25<r<0,5 mm	mesoporos 0,1<r<0,25 mm	
MR	2,64E-04	1,40E-04	7,48E-05	1,13E-05	1,23E-04	6,57E-05	6,35E-05	515,393	4391,140	165876,305	4,05E-04	8,62E-04	5,21E-03	40,48	86,22	521,12	50,92
MM	4,80E-04	3,40E-04	2,41E-04	8,58E-05	1,40E-04	9,92E-05	1,55E-04	584,767	6629,732	405672,027	4,59E-04	1,30E-03	1,27E-02	45,93	130,17	1274,46	49,36
MT	9,98E-05	8,48E-05	7,20E-05	4,41E-05	1,51E-05	1,28E-05	2,79E-05	62,892	854,527	72859,336	4,94E-05	1,68E-04	2,29E-03	4,94	16,78	228,89	49,58

3.4. Caracterização da macrofauna do solo

As capturas realizadas com as armadilhas *pitfall* resultaram na colheita de 1436 indivíduos. Depois de devidamente tratadas e com auxílio de uma lupa, foram identificadas as ordens dos indivíduos presentes nas três modalidades, distribuídas de acordo com o apresentado na Tabela 9.

De acordo com os resultados a diversidade da macrofauna identificada corresponde a 9 ordens de insetos e um roedor. Verifica-se uma clara dominância da ordem Coleóptera, na qual foram identificadas as famílias *carabidae*, *elateridae*, *curculionidae*, *staphylinidae*, *pyrrhocoridae*, *curculionidae* e *coccinellidae*. Esta ordem corresponde a 4 vezes a quantidade de indivíduos da ordem que aparece em segundo lugar, a Hymenóptera.

Tabela 9 – Classificação e quantificação da macrofauna identificada

Ordem taxonômica	MR		MM		MT		Total
	Pimento	Couve	Pimento	Couve	Pimento	Couve	
Coleóptera	328	198	164	160	185	36	1071
Díptera	2	3					5
Hemíptera	1				1		2
Araneae	15	18	8	3	1		45
Hymenóptera	220	35	6	5	3		269
Ortóptera	2	6	5	5	2	3	23
Isópoda	2			1			3
Haplotaxida						1	1
Lepidóptera	2	4	6	2	2	1	17
Total	572	264	189	176	194	41	1436

Fonte: Chaves para algumas ordens e famílias de *insecta* (Adaptadas das chaves de R.A.ZUCCHI, ESALQ/USP)

A modalidade que apresenta maior quantidade de indivíduos é a MR e a que apresenta menos é a MT com cerca de 28% da quantidade de indivíduos da MR. Curiosamente, por cada modalidade há maior presença de indivíduos nas parcelas ocupadas pelo pimento.

É a modalidade MR-pimento que apresenta maior diversidade, uma vez que foram registradas 9 ordens diferentes. A modalidade MR-couve e a MM-couve correspondem às segundas mais diversas com 7 registros de ordens diferentes. Estes resultados permitem concluir que a diversidade é maior na modalidade MR, o que se poderá dever à menor perturbação do solo nesta modalidade: não há reviramento do solo nem o efeito das elevadas temperatura de queima.

O valor tão mais baixo de indivíduos identificados na MT poderá dever-se ao efeito das elevadas temperaturas que poderão ter repellido grande quantidade de insetos do local ao mesmo tempo que uma maior duração do tempo de queima em determinadas posições poderá ter aniquilado alguns dos indivíduos.

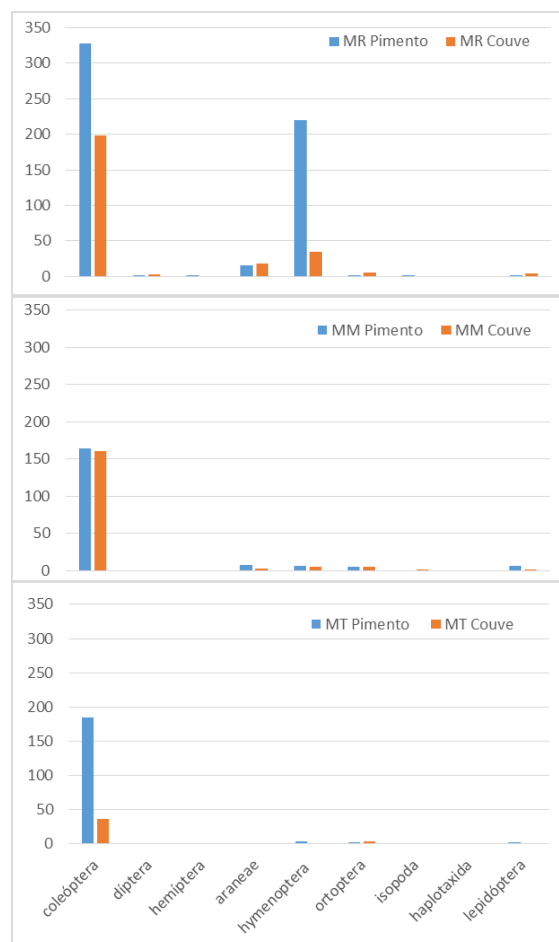


Figura 32 – Quantidade de indivíduos capturados nas três modalidades, em pimento e em couve.

O diagrama de Venn da Figura 31 mostra que 5 ordens são comuns às três modalidades, 1 ordem é comum a MR e MM e 1 ordem é comum a MR e MT, sendo que não apareceu nenhuma ordem exclusiva da modalidade MM, mas nas modalidades MR e

MT foram identificadas uma ordem exclusiva em cada modalidade: a Díptera na MR e a Haplotaixida na MT.

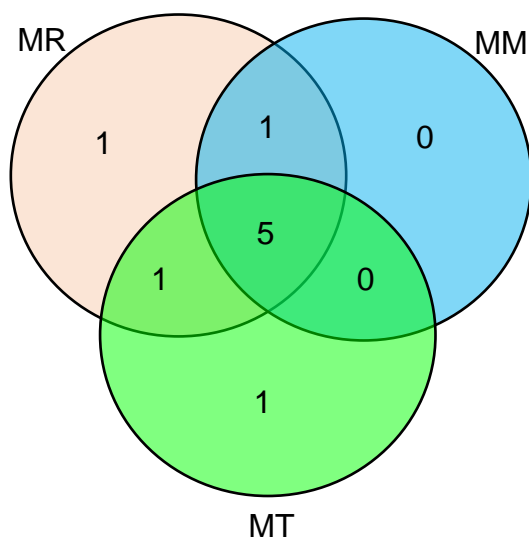


Figura 33 – Distribuição das ordens identificadas na macrofauna do solo, pelas três modalidades de controle de infestantes, de acordo com o diagrama de Venn.

IV- Conclusões

Dos resultados obtidos pode-se apontar os mais relevantes que permitirão concluir sobre a modalidade que globalmente parece ser mais interessante no sistema e para as condições estudadas.

O estado de fertilidade do solo aponta para baixo teor em matéria orgânica, o que só por si poderá anular várias funções do solo, podendo de algum modo, enviesar algumas das conclusões a que os resultados quantificados nos possam conduzir. São teores inferiores a 2% o que coloca o solo num nível de suscetibilidade maior relativamente à resistência aos processos erosivos, diversidade da microbiologia do solo, diversidade e quantidade de nutrientes a fornecer às culturas instaladas, capacidade para permitir que os ciclos de nutrientes se completem.

Entre as diferentes modalidades de controlo de infestantes observou-se que não há grande variabilidade dos parâmetros da análise sumária do solo (pH, teor em M.O., fósforo e potássio assimiláveis). Apesar do baixo teor em M.O. os teores em micronutrientes encontram-se no intervalo confortável. Os teores em bases é igualmente confortável, mas o rácio Ca/Mg é superior a 4 o que coloca alguns cuidados relativamente ao risco de antagonismo que possa levar a alguma carência em magnésio (Mg).

Apesar do contributo por ano estimado na camada superficial de 20 cm de solo ser apenas de cerca de 70 unidades de N por hectare, a percentagem de N na M.O. é cerca de 9%, o que é francamente superior ao valor universal de 5% considerado como a fração do N na M.O.. O teor em metais pesados também é muito reduzido, sendo que o Ni e Cu são os mais elevados, mas não mais do que 35% do VL permitido em agricultura para consumo humano.

Quanto aos níveis de compactação do solo, nenhuma das modalidades evidenciou densidades aparentes que equivalham a compactação do solo. A modalidade que demonstrou maior variabilidade na densidade aparente foi a MR, sendo que entre as três modalidades, observa-se que nas parcelas ocupadas por pimentos há maior variabilidade dos valores da densidade aparente. O maior valor foi registado na modalidade MM-pimento. Por cultura a maior densidade aparente ocorre no MM-pimento e na MR-couve, mas são valores inferiores a 1,4.

Observou-se uma diferença expressiva entre os valores médios da densidade aparente na linha e na entrelinha da MM, indicando que a compactação provocada na

entrelinha devido ao calcamento provocado pela deslocação de máquinas/equipamentos e de pessoas para a manutenção do controlo de infestantes, não é desprezável.

Nas três modalidades os valores da densidade aparente são típicos de solos bem agregados e arejados, o que poderá dever-se a maior agregação proporcionada por teor em argila q.b. e/ou ao maior contributo de matéria seca vegetal das raízes de infestantes por amostra, uma vez que as raízes não são destruídas nas modalidades MR e MT. A densidade da matéria vegetal seca é pequena quando comparada à densidade média das partículas minerais do solo e estas modalidades apresentaram, de fato, menores valores médios da densidade aparente do que a MM, que por amostra conterà maior quantidade de partículas minerais do que matéria seca vegetal.

O fato das taxas de infiltração serem maiores na modalidade MM para todas as tensões de entrada de água nos poros, poderá indicar que as menores densidades aparentes das modalidades MR e MT não se devam a maior porosidade, mas eventualmente ao maior contributo da matéria vegetal na massa das amostras de solo não perturbadas.

Na modalidade MR a diferença entre as taxas de infiltração para as menores tensões e a de 15 cm é elevada, o que significa que a classe de poros mais pequenos têm pouco contributo para a distribuição da água no solo.

Apesar das taxas de infiltração para a classe dos meso e microporos da MR serem substancialmente mais reduzidas, a condutividade hidráulica saturada é elevada porque é governada principalmente pela macroporosidade que na MR apresenta valor elevado (a segunda taxa de infiltração mais elevada). A condutividade hidráulica da MT é notoriamente inferior, correspondendo a apenas 20% da taxa de infiltração determinada na MT.

Os valores confirmam que a infiltração da água no solo é governada pelos macro e mesoporos tendo sido a MM a modalidade que apresenta maior porosidade efetiva.

Conclui-se que a macroporosidade do solo ($> 0,25$ mm) corresponde a uma percentagem pequena da porosidade total do solo, mas é essencial para permitir que a água chegue aos microporos, onde a água ficará armazenada e disponível por mais tempo para a planta.

Relativamente à macrofauna, das 9 ordens identificadas há clara dominância da coleóptera que é 4x a ordem que aparece com a segunda representatividade. Aparece com maior quantidade de indivíduos identificados na MR. A MT apresenta apenas 28% dos indivíduos da MR.

Observou-se maior quantidade de indivíduos nas parcelas ocupadas por pimento. A modalidade MR-pimento é a que apresenta maior diversidade, tendo sido identificadas 8 ordens. Tal poderá dever-se à menor perturbação proporcionada pela operação de controlo de infestantes, uma vez que não há reviramento do solo e não há efeito de temperatura elevada.

A reduzida presença de indivíduos na MT comparativamente à MR poderá indicar ter havido pouca habilidade do operador ao queimar as infestantes, bastando um tempo de queima mais prolongado em determinadas posições para destruir ou afugentar boa parte da macrofauna deste tratamento.

As três modalidades partilham 5 ordens comuns que aparecem em simultâneo nos três tratamentos.

Quanto ao contributo das três modalidades de monda avaliadas para o solo, conclui-se que em solos ligeiros a MM pode conduzir a taxas de infiltração muito elevadas, aumentando o potencial para a lixiviação de nutrientes na forma aniónica tais como nitratos e sulfatos; a MT demonstrou reduzir substancialmente as taxas de infiltração e conferir a menor diversidade da macrofauna do solo. Para surtir melhores resultados exige maior prática do operador.

Apesar da maior eficiência demonstrada pela MM no controlo de infestantes, relativamente às características do solo a MR demonstrou resultados mais equilibrados relativamente às taxas de infiltração da água no solo, o que permite melhor controlo da lixiviação de nutrientes e maior armazenamento e disponibilidade da água ao longo do tempo, uma vez que a densidade aparente ligeiramente menor e a presença permanente de raízes conferem maior proteção do solo contra a erosão provocada pelo impacto das gotas de chuva e/ou rega, bem como parece ter demonstrado ser mais favorável à manutenção de uma maior diversidade da macrofauna e quantidade de indivíduos presentes. Além dos aspetos apontados que a colocam em vantagem relativamente à modalidade MM, é uma operação que fica mais económica e realiza-se mais rapidamente.

Referências bibliográficas

- Afonso, S., Arrobas, M., Pinheiro, C., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. Â. (2016). Potencialidades e limitações da utilização de aparelhos portáteis na avaliação do estado nutricional das plantas. *Actas Portuguesas de Horticultura*.
- Alda Matos, P. C. (2016). Two decades of organic farming in Portugal. *Gouvernanceresponsible des régimes fonciers*, p. 26.
- Almeida, D. (2016). Manual de Culturas Hortícolas- Volume I-2ª ed. Queluz de Baixo, Barcarena: Editorial Presença.
- Almeida, D. (2014). Manual de Culturas Hortícolas- Volume II. Lisboa: Editorial Presença.
- Andreola e Fernandes (2007). Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental. Adriana Parada Dias da Silveira Sueli dos Santos Freitas. Instituto Agronômico Campinas (SP)
- Barros, J.; Freixial, R. (2011). Controlo Mecânico de Infestantes. Universidade de Évora.
- Barth, O. (2008). Morfologia polínica de espécies arbóreas de Solanaceae do Estado de. pp. 379-386.
- Beck L, Höfer H, Martius C, Römbke J, Verhaagh M. (1997). Bodenbiologie tropischer Regenwälder. *Geographischer Rundschau* 1: 24-31.
- Brooks, R.H.; Corey, A.T. (1964). Hydraulic properties of porous media. Hydrology Paper N° 3. Colorado State University, Fort Collins, CO.
- Brooks, R.H.; Corey, A.T. (1966). Properties of porous media affecting fluid flow. *Proc. Am. Soc. Civ. Eng., J. Irrigation Drainage Div.* IR2, 61-68.
- Cameira, M. R. C. (1999). Balanço de água e azoto em milho regado no vale do Sorraia: discussão dos processos de transferência e aplicação do modelo RZWQM98. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto superior de Agronomia. Dissertação de Doutoramento: Engenharia Agronómica.
- Ceretta, C. A. (1986). Sistema de cultivo de mandioca em fileiras simples e duplas em monocultivo e consorciada com girassol. 122 f. Tese de mestrado da UFRGS, Porto Alegre.
- Christoffoleti, P.J., Carvalho S.J.P., Nicolai M., Doohan D. e Vangessel M. (2007). Prevention strategies in weed management. In *Non-chemical weed management: Principles, concepts and technology*, Upadhyaya, M.K. e Blackshaw, R.E. (eds.), pp. 1-15. CABI Publishing.
- Comission, E. (2007). Jornal Oficial da União Europeia L 189. Regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho, de 28 de junho.

- Correia, J. (2002). Juglona: avaliação do seu potencial efeito de fitotoxicidade e seu comportamento como herbicida natural. IPC. Coimbra.
- Coutinho, N. (2016). Monda de Infestantes em Agricultura Biológica. p. 1.
- Cunha, M. J.; Amaro, R., Oliveira, A., Casau, F. (2005). Tecnologias limpas em agropecuária.. SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação. Porto.
- FAO (2015). Soils and biodiversity soils host a quarter of our planet's biodiversity. International year of soils. Disponível em <http://www.fao.org/3/a-i4551e.pdf>
- Fernando, R. M. C. (1993). Quantificação do balanço hídrico de um solo regado na presença de uma toalha freática. Simulação com o modelo SWATRER. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto superior de Agronomia. Dissertação de Doutoramento, Departamento de Engenharia Rural.
- Ferreira, J. (2012). As Bases da Agricultura Biológica. EdiBio.
- Ferreira, J. C., Strecht, A., Ribeiro, J. R., Soeiro, A., Cotrim, G. (1998). Manual de agricultura biológica - Fertilização e proteção das plantas para uma agricultura sustentável. Agrobio, 1998. Pp 421-431.
- Ferreira, J. e outros. (2009). As Bases da Agricultura Biológica. Tomo I - Produção Vegetal. Edibio. ISBN 978-972-99697-1-3
- Finney & Creamer, (2008). Sustainable Horticultural Systems
- Finney, D., & Creamer, N. (2008). Weed Management on organic farms.USA.
- Gardner, W.R. (1958). Some steady state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. Soil Sci. 85(4), 228-232.
- Gonçalves & Libardi, (2013). Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo.
- Gonçalves, F. e Laura, T. (2013). Fauna associada á vinha na região demarcada do Douro. ADVID.
- Haines, C.P. (1991). Insects and arachnids of tropical stored products: Their biology and identification. Chatham, Natural Resources Institute, 2nd ed., 246p.
- Halstead, D.G.H. (1986). Keys for the identification of beetles associated with stored products. I. Introduction and keys to families. Jour. Stored Prod. Res. 22: 163-203.
- Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. USA: Academic Press. ISBN 0-12-348525-8.
- Höfer H, Hanagarth W, Garcia W, Martius C, Franklin E, Römbke J, Beck L (2001). Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. Eur J Soil Biol 37: 229-235.

- Holm, L. R., Plucknett, D. L., Pancho, J. V., & Herberger, J. P. (1977). *The world's worst weeds. Distribution and biology*. Honolulu, Hawaii, USA: University Press of Hawaii.
- Hungria, M.; Andrade, D.S.; Balota, E.L.; Colozzi, F. A. (1997). Importância do sistema de semeadura na população microbiana do solo. Comunicado Técnico/Embrapa-Soja, Londrina, Paraná, no 56, p.1-9.
- INIAP, Laboratório químico agrícola Rebelo da Silva (2006). Manual de fertilização das culturas. Lisboa. ISBN-13: 978-989-95131-0-5.
- Jeffery, S. et al. (eds) (2010). European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publication Office of the European Union, Luxemburg. 2010, 128 pp.
- Lampkin, N.H. (1990). Organic farming. Farming Press, Ipswich, 701 pp.
- Lavelle P, Decaëns T, Aubert M, Barot S, Blouin M, Bureau F, Margerie P, Mora P, Rossi J.-P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42: S3–S15.
- Lavelle, P.; Bignell, D.; Lepage, E, M.; Wolters, V.; Roger, P.; Ineson, P.; Heal, O.W.; Dhillon, S. (1997). Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, v.33, p.159–193.
- Ligenfelter, D.D. (2016). Introduction to weeds: what are weeds and why do we care? Penn State University, Pensilvânia, USA.
- Lopes, A. e Simões, A. M. (2007). Produção integrada em hortícolas – família das brassicáceas, DGADR, Lisboa. ISBN 978-972-8649-73-9.
- Lopes, A. e Simões, A. M. (2006). Produção integrada em hortícolas –família das solanáceas, Direção-Geral de Proteção das Culturas , Oeiras. ISBN 972-8649-53-3
- Maeder, P.; Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U. (2002). Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science*, Vol. 296, Issue 5573, pp. 1694-1697. DOI: 10.1126/science.1071148
- Maraschin-Silva, F., & Aqüila, M. E. (2006). Potencial alelopático de espécies nativas na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae).
- Marques, J. (2012). Gestão das ervas em agricultura biológica. In *As bases da Agricultura Biológica*, Ferreira J. (ed.), pp. 495-504. Edibio. Castelo de Paiva, Portugal.
- Miyazaki, T. (1993) Water flow in soils. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Mound, L. (1989). Common insect pests of stored food products. Londres, British Museum (Natural History), Economic Series no. 15, 7thed., 68p.
- Mourão, I. M. (2007). Manual de Horticultura no Modo de Produção Biológico. Ponte de Lima. Escola Superior Agrária de Ponte de Lima/IPVC. Projecto PO AGRO DE&D – 747. ISBN: 978-972-97872-2-5.

- Nogueira, L. (2013). Composição química e atividade antioxidante de diferentes variedades de pimento (*Capsicum annum L.*). Bragança.
- Oliveira, J.R., R. Silvério; Constantin, J.; Inoue, M. H. (2011). Biologia e manejo de plantas daninhas. Curitiba, PR: Omnipax Editora. ISBN 978-85-64619-02-9. 349p.
- Pato, R. L. (2011). Manual de procedimentos analíticos em amostras de solos. Coimbra:[s.n.] .p.1-113.
- Petersen H., Luxton M. A. (1982). Survey of the main animal taxa of detritus food web. *Oikos* 39: 293-294.1982
- Pimentel D., Wilson C., McCullum C., Huang R., Dwen P., Flack J., Tran Q., Saltman T., Cliff B. (1979). Economic and environmental benefits of biodiversity. *Bioscience*, 47:1997747–758.
- Pires, N., & Oliveira, V. (2011). Biologia e Manejo de Plantas Daninhas.
- Portugal, J. (2011). A gestão das infestantes em vinha. Bayer Cropscience.
- Primavese, A. (1984). Manejo Ecológico das Pastagens. Nobel. São Paulo, 95 p.
- Primavesi, A. (1997). Agroecologia: ecosfera, tecnosfera e agricultura. São Paulo, Nobel. 199p.
- Ramos, T. B.; Gonçalves, M. C.; Martins, J. C., Pereira, L.S. (2016). Características de retenção de água no solo para utilização na rega das culturas. INIAV, I.P. 2016
- Rees, D.P. (1995). Coleoptera, p. I-39. In: B. Subramanyam & D. Hagstrum (Eds). Integrated management of insects in stored products. New York, Marcel Decker Inc.
- Rezende, B. L. A; Cecílio, F, A, B. ; Feltrim, A.L.; Costa, C.C.; Barbosa, J. C. (2006). Viabilidade da consorciação de pimentão com repolho, rúcula, alface e rabanete. *Horticultura Brasileira.*, 24: 36-41.
- Rodrigues, N. (2016). Alelopatia no manejo de plantas daninhas. Sete Lagoas.
- Santos, D. V. (1994). Fertirrega – Observação da evolução de perfis de humidade e de concentração de nitratos num canteiro de nível. Simulação com o modelo OPUS. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto superior de Agronomia. Tese de Mestrado: Engenharia da Rega e dos Recursos Agrícolas.
- Santos, J. Q. (1991). Fertilização. Fundamentos da utilização dos adubos e correctivos. Publicações Europa América Edição nº 137030/5345.
- Serrano, J. (2003). Agricultura Ecológica. León: IRMA, S. L.
- Silva, L. I. D. da; Carneiro, M. C.; Emídio, V. dos S.; Henrique Júnior, S. de S. e Monteiro, M. I. C. (2006). Determinação das formas de nitrogênio e nitrogênio

total em rochas-reservatório de petróleo por destilação com arraste de vapor e método do indofenol. Química Nova, 29(1), 46-51.

<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000100010>

Silva, L. N.; Amaral, A. A. (2013). Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. Revista Verde, v. 8, p. 108-115.

Swift, M. J.; Anderson, J. M. (1993). Biodiversity and ecosystem function. Agricultural Systems, Barking.

Tabuada (1986). Modelação bidimensional da infiltração na rega por gravidade. Aplicação ao sulco infiltrómetro. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa: Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado : Hidráulica e Recursos Hídricos.

Torres, L. (2007). Manual de protecção integrada do olival. Viseu.. ISBN: 978-972-9001-92-5.

Van Genuchten, M. TH. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 44, 892-898.

Vieira, A. V. (2003). Caracterização hidrodinâmica a dois domínios e avaliação do potencial de lixiviação para os nitratos nos solos da zona vulnerável de Aveiro. Relatório de Estágio II da Licenciatura em Engenharia Agropecuária, Escola Superior Agrária de Coimbra.

Zaffaroni E. (1987). Yield stability of sole and intercropping systems in the northeast of Brazil

Zimdahl, R. (1993). Fundamentals of Weed Science. Academic Press. California.

Zucchi, R.A. (2007). Chaves para algumas ordens e famílias de insecta . (ESALQ/USP). Universidade Federal de Lavras. Departamento de Entomologia

<http://www.fao.org/agriculture>: consultado em novembro de 2019.

ISO 10390:2005 (E)

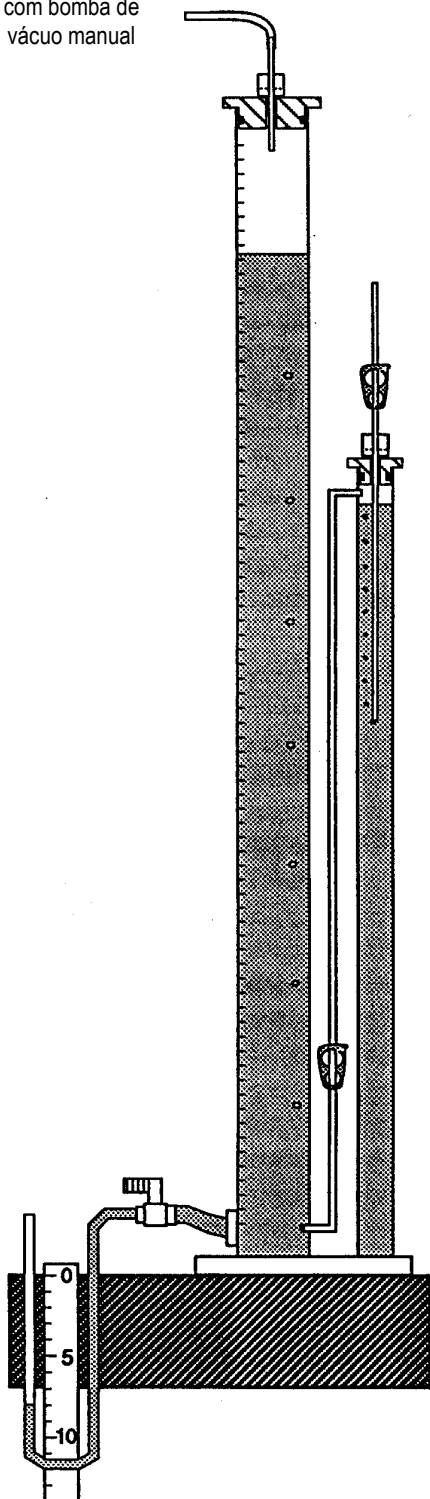
Reg. (CE) n.º 834/2007 do Conselho de 28 de junho, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos (versão consolidada 01-07-2013).

Regulamento (UE) 2018/848 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho.

Anexos

Anexo 1 – Procedimento de calibração do infiltrômetro de tensão.

aplicação de sucção
com bomba de
vácuo manual



- enche-se o reservatório de água até 5 cm abaixo do topo e tapa-se;
- enche-se a torre de borbulhamento até cerca de 7 cm abaixo do topo e tapa-se com a tampa onde está incorporada a respetiva entrada de ar;
- liga-se à válvula um tubo com $\frac{1}{2}$ " que se prende à mesa de apoio do infiltrômetro de modo a ficar em forma de U, para servir de manómetro;
- cola-se uma régua ao lado do manómetro;
- abre-se a válvula e aplica-se, simultaneamente sucção intermitente com uma bomba de vácuo manual no reservatório de água;
- abrem-se imediatamente as molas do capilar que liga a torre de borbulhamento ao reservatório de água e a do tubo de entrada de ar;
- inicialmente regula-se o tubo de entrada de ar de modo que a extremidade inferior fique x cm abaixo do nível da água:
 $x = \text{tensão a ser calibrada (0, 3, 6 ou 15 cm)} + 4,6 \text{ cm}$
- sem interromper a sucção intermitente, regula-se o tubo de entrada de ar até se observar a produção de borbulhas cadenciadas no reservatório de água e o registo no manómetro se manter no valor da tensão calibrada;
- feito isso, regista-se exatamente a posição da extremidade inferior do tubo de entrada de ar abaixo do nível da água à qual se subtraiu o valor da tensão calibrada. O resultado corresponde ao FGC calibrado (valor que se espera ser próximo dos 4,6 cm sugeridos pelo manual).

Anexo II - Valores da Densidade aparente

	Densidade Aparente (Dap)			Dap média por modalidade	D.P.					
	Dap.	Dap na repetição	D.P.							
GRP1	1,341	1,313	0,028	1,270	0,081703	Pimento - Roçadora				
	1,285									
	1,313									
GRP2	1,204	1,240	0,052							
	1,300									
	1,217									
GRP3	1,151	1,207	0,054							
	1,259									
	1,210									
GRP4	1,343	1,364	0,021							
	1,385									
	1,364									
GRC1	1,417	1,412	0,044	1,331	0,098694	Couve - Roçadora				
	1,365									
	1,453									
GRC2	1,196	1,220	0,023							
	1,220									
	1,243									
GRC3	1,433	1,428	0,041							
	1,467									
	1,385									
GRC4	1,279	1,265	0,014							
	1,265									
	1,251									
GMP2 linha	1,131	1,081	0,050	1,193	0,080105	na Linha	Pimento - Motoenxada			
	1,081									
	1,031									
GMP2 entre-linha	1,213	1,277	0,056							
	1,312									
	1,306									
GMP1 linha	1,262	1,213	0,049							
	1,164									
	1,213									
GMP1 entre-linha	1,421	1,457	0,036							
	1,493									
	1,457									
GMP4 linha	1,169	1,205	0,037	1,373	0,075368	na Entrelinha				
	1,242									
	1,205									
GMP4 entre-linha	1,374	1,367	0,045							
	1,407									
	1,318									
GMP3 linha	1,280	1,272	0,007							
	1,272									
	1,265									
GMP3 entre-linha	1,390	1,392	0,003							
	1,392									
	1,395									
GMC1	1,353	1,378	0,024	1,311	0,07177	Couve - Motoenxada				
	1,402									
	1,378									
GMC2	1,320	1,322	0,002							
	1,322									
	1,324									
GMC3	1,186	1,202	0,022							
	1,227									
	1,193									
GMC4	1,324	1,342	0,035							
	1,320									
	1,382									
GTP1	1,319	1,333	0,014	1,354	0,039874	Pimento - Térmica				
	1,347									
	1,333									
GTP2	1,359	1,332	0,027							
	1,332									
	1,306									
GTP3	1,186	1,161	0,025							
	1,136									
	1,161									
GTP4	1,337	1,354	0,040							
	1,324									
	1,399									
GTC1	1,248	1,194	0,056	1,318	0,042976	Couve - Térmica				
	1,136									
	1,198									
GTC2	1,307	1,307	0,001							
	1,308									
	1,307									
GTC3	1,292	1,275	0,017							
	1,258									
	1,275									
GTC4	1,377	1,370	0,006							
	1,365									
	1,369									

Anexo III – Determinação da condutividade hidráulica a partir da aproximação de Wooding

Para o cálculo da condutividade hidráulica em função da pressão efectiva – $K(h)$ – a partir das taxas de infiltração determinadas em regime uniforme, numa área circular de raio r , Wooding (1968) propõe a seguinte aproximação:

$$Q = \pi r^2 K \left[1 + \frac{4}{\pi r \alpha} \right] \quad (1)$$

onde Q ($\text{cm}^3 \text{ h}^{-1}$) é o volume de água que entra no solo por unidade de tempo, K (cm h^{-1}) é a condutividade hidráulica, r (cm) é o raio da área circular de infiltração. A condutividade hidráulica corresponde, na aproximação de Wooding, à função $K(h)$ determinada por Gardner (1958) e α é um parâmetro dessa mesma função:

$$K(h) = K_{\text{sat}} \exp(\alpha h) \quad (2)$$

onde K_{sat} (cm h^{-1}) é a condutividade hidráulica saturada e h (cm) é a pressão efectiva. Embora a equação (1) possa ser usada para infiltração em condição de saturação e não saturação, a equação (2) só poderá ser aplicada para $h \leq 0$.

Com o infiltrómetro de tensão registam-se *in situ* os volumes de água que entram no solo por unidade de tempo, Q , para duas tensões; por exemplo, à tensão h_1 e h_2 . Substituindo-se a condutividade K pela expressão de Gardner (eq. 2) na equação de Wooding (eq. 1) fica-se com:

$$Q(h_1) = \pi r^2 K_{\text{sat}} \exp(\alpha h_1) \left[1 + \frac{4}{\pi r \alpha} \right] \quad (3)$$

$$Q(h_2) = \pi r^2 K_{\text{sat}} \exp(\alpha h_2) \left[1 + \frac{4}{\pi r \alpha} \right] \quad (4)$$

Dividindo a equação 4 pela 3 obtém-se o parâmetro da equação de Gardner, α .

$$\alpha = \frac{\ln[Q(h_2) / Q(h_1)]}{h_2 - h_1} \quad (5)$$

Uma vez conhecido o valor α pode-se agora calcular a K_{sat} a partir da equação (3) ou (4). Com os valores da K_{sat} e α determinados, obtém-se finalmente a equação de Gardner para a condutividade hidráulica, substituindo-se os respetivos parâmetros na equação (2). Uma vez obtida a relação da condutividade hidráulica em função da pressão efetiva, $K(h)$, pode-se determinar os valores da

condutividade hidráulica para qualquer h . Notar que o valor da K_{sat} obtido através do método descrito poderá ser diferente do K_{sat} determinado diretamente *in situ*. Uma das razões é que a relação $K(h)$ frequentemente não é linear próximo de $h=0$.

A partir dos registos realizados com o infiltrómetro de tensão *in situ*, determinaram-se os parâmetros da equação de Gardner, K_{sat} e α , obtendo-se, deste modo, as curvas $K(h)$ à superfície do solo e aos 30 cm de profundidade.